

PENGARUH *SCALLING* TERHADAP KINERJA *ACID COOLER*
HEAT EXCHANGER PT. HUAYUE NICKEL COBALT



LAPORAN TUGAS AKHIR

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan Pendidikan
diploma tiga (D-3) Program Studi Teknik Konversi Energi
Jurusan Teknik Mesin
Politeknik Negeri Ujung Pandang

M RUSLAN SYAHARUDDIN
34221017

PRODI D-3 TEKNIK KONVERSI ENERGI
JURUSAN TEKNIK MESIN
POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG
MAKASSAR
2024

HALAMAN PENGESAHAN

Laporan tugas akhir dengan judul “ **Pengaruh *Scalling* Terhadap Kinerja *Acid Cooler Heat Exchanger* PT. Huayue Nickel Cobalt** ” oleh M RUSLAN SYAHARUDDIN NIM 342 21 017 dinyatakan telah diterima dan disahkan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Ahli Madya (AM.d) pada Program Studi Teknik Konversi Energi Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang.

Makassar, Agustus 2024

Pembimbing I,



Prof. Dr. Ir. Firman, M.T.
NIP 196412311991031028

Pembimbing II,



Sri Suwasti, S.ST., M.T.
NIP 197411232001122001

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Mesin,



Dr. Ir. Syaharuddin Rasyid, M.T.

NIP 196801051994031001

HALAMAN PENERIMAAN

Pada hari ini, senin tanggal 12 Agustus 2024, tim penguji ujian sidang laporan tugas akhir telah menerima hasil ujian sidang laporan tugas akhir oleh oleh M RUSLAN SYAHARUDDIN NIM 342 21 017 dengan judul “ **Pengaruh Scalling Terhadap Kinerja Acid Cooler Heat Exchanger PT. Huayue Nickel Cobalt** ”.

Makassar, Agustus 2024

Tim Penguji Ujian Sidang Laporan Tugas Akhir:

- | | |
|---|----------------------|
| 1. Prof. A.M. Shiddiq Yunus, S.T., M.Eg.Sc.,Ph.D. Ketua | (.....) |
| 2. Apollo, S. T., M. T. | Sekretaris (.....) |
| 3. Sukma Abadi, S. T., M. T. | Anggota (.....) |
| 4. Nur Rahmah H Anwar, S. T., M. T. | Anggota (.....) |
| 5. Prof. Dr. Ir Firman, M. T. | Pembimbing 1 (.....) |
| 6. Sri Suwasti, S.ST., M. T. | Pembimbing 2 (.....) |

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas berkat dan karunianya, sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir dengan judul “**Pengaruh *Scaling* Terhadap Kinerja *Acid Cooler Heat Exchanger* PT. Huayue Nickel Cobalt**” dapat di selesaikan dengan baik.

Dalam penulisan tugas akhir ini tidak sedikit hambatan yang penulis alami. Namun berkat bantuan berbagai pihak terutama pembimbing, hambatan tersebut dapat teratasi. Sehubungan dengan itu, pada kesempatan dan melalui lembaran ini penulis menyampaikan terima kasih dan penghargaan kepada:

1. Kepada mama dan papa yang tercinta dan kepada saudara/i penulis atas dukungan doa, dan semangat yang diberikan yang tidak terhingga nilainya.
2. Bapak Ir. Ilyas Mansur, M.T. selaku direktur Politeknik Negeri Ujung Pandang.
3. Bapak Dr. Ir. Syaharuddin Rasyid, M.T. selaku ketua jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang.
4. Ibu Sri Swasti, ST., M.T. selaku ketua Program Studi Teknik Konversi Energi Politeknik Negeri Ujung Pandang.
5. Prof. Dr. Ir Firman, M. T. selaku pembimbing 1 dan Ibu Sri Swasti, ST., M.T. selaku pembimbing 2 yang banyak membantu penulis dalam menyelesaikan tugas akhir.

6. Bapak Abdul Rahman, ST., M.T. selaku wali kelas III-A Teknik Konversi Energi Politeknik Negeri Ujung Pandang.
7. Segenap dosen jurusan teknik mesin pada umumnya dan Program Studi Teknik Konversi Energi pada khususnya yang dengan ikhlas dan penuh kerelaan hati telah mendidik dan mengajar penulis, serta para staf dan teknisi Program Studi Teknik Konversi Energi.
8. Segenap karyawan PT. Huayue Nickelt Cobalt yang telah membantu dalam penyelesaian laporan tugas akhir ini khususnya pada departemen pabrik asam.
9. Rekan-rekan mahasiswa Politeknik Negeri Ujung Pandang, khususnya kelas III-A Teknik Konversi Energi yang telah bersama-sama dalam menuntut ilmu di Politeknik Negeri Ujung Pandang yang telah bersedia bekerja sama dan banyak memberikan bantuan serta semangat baik secara langsung maupun tidak langsung.

Makassar,

2024

Penulis

DAFTAR ISI

	Hlm.
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PENERIMAAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR TABEL	ix.
DAFTAR SIMBOL	x
SURAT PERNYATAAN	xi
RINGKASAN	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Ruang Lingkup Kegiatan	3
1.4 Tujuan dan Manfaat Kegiatan	3
1.4.1 Tujun Kegiatan	3
1.4.2 Manfaat Kegiatan	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5

2.1 Profil Perusahaan	5
2.2 Pabrik Asam Sulfat	5
2.3 Heat Exchanger	12
2.3.1 Defini Heat Exchanger	12
2.3.2 Acid Cooler Heat Exchanger	15
2.3.3 Tipe-Tipe Heat Exchanger	15
2.4 Scalling	20
2.5 Perpindahan Panas	23
2.6 Efektifitas Heat Exchnger Acid Cooler	28
BAB III METODEDE PENELITIAN	31
3.1. Tempat dan Waktu Penelitian	31
3.2 Parameter yang Digunakan Dalam Penelitian	31
3.3 Skema Acid Cooler Heat Exchanger	32
3.4 Analisis Data	33
3.5 Diagram Alur	34
BAB IV HASIL DAN DESKRIPSI KEGIATAN	35
4.1 Hasil Kegiatan	35
4.2 Analisis Data	37
4.3 Tabel Hasil Analisa	41
4.4 Grafik dan Pembahasan	42
BAB V PENUTUP	44
5.1 KESIMPULAN	44
5.2 SARAN	45
DAFTAR PUSTAKA	46

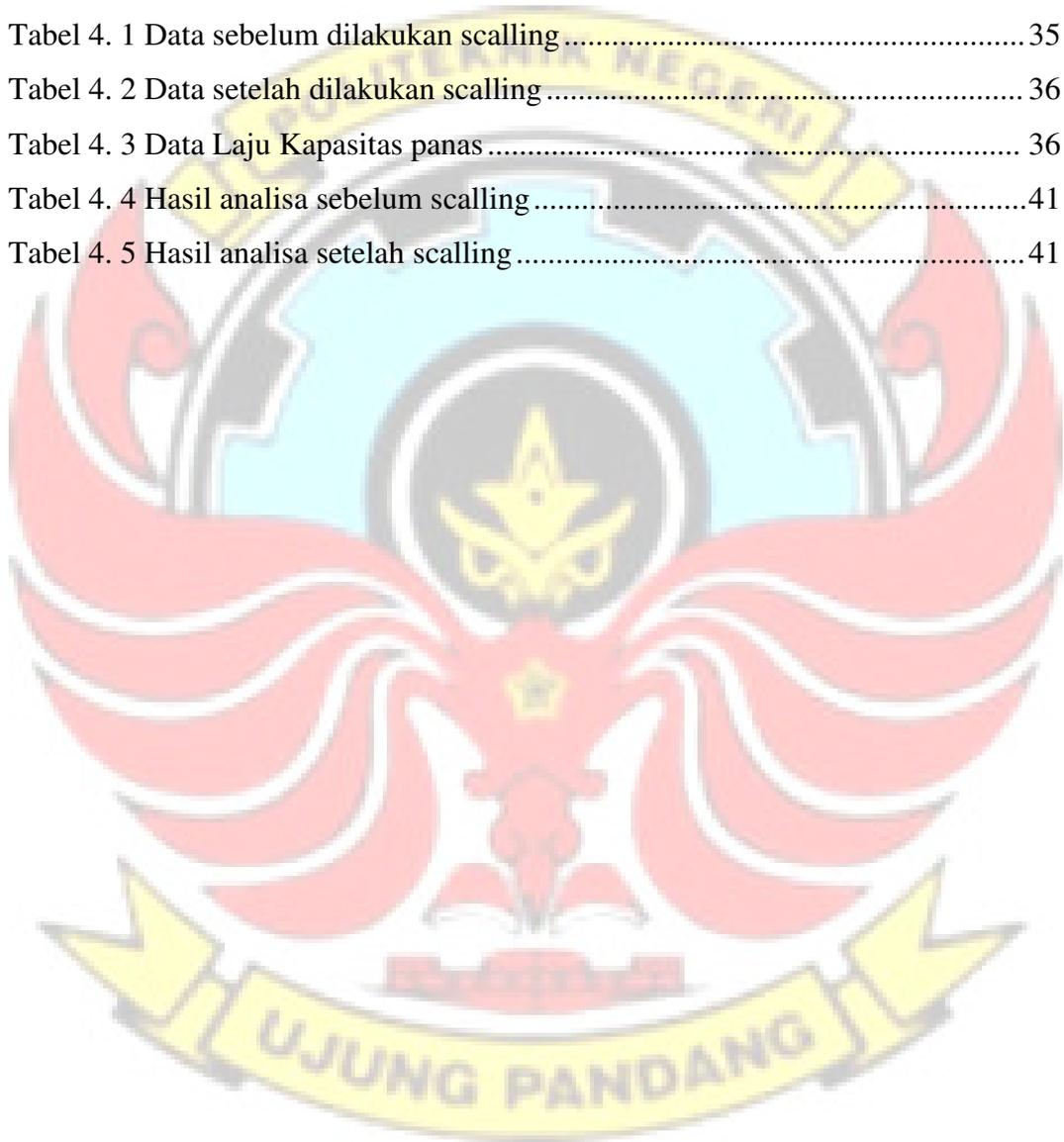
LAMPIRAN	48
----------------	----

DAFTAR GAMBAR

	Hlm
Gambar 2. 1 Skema Proses Produksi Asam Sulfat	7
Gambar 2. 2 Aliran searah (pararel flow)	13
Gambar 2. 3 Aliran berlawanan (counter-current flow)	14
Gambar 2. 4 Acid Cooler Heat Exchanger	15
Gambar 2. 5 Double pipe heat exchanger	16
Gambar 2. 6 Plate and frame Heat Exchanger	17
Gambar 2. 7 Tipe heat exchanger shell and tube	18
Gambar 2. 8 perpindahan panas konduksi, konveksi, dan radiasi	27
Gambar 2. 9 Gambar profil perpindahan panas <i>heat exchanger counter carrent</i> .	29
Gambar 3. 1 Skema Sistem acid cooler heat exchanger dan titik pengambilan data	32
Gambar 3. 2 Flowchart	32
Gambar 4. 1 gambar profil perpindahan panas heat exchanger counter carrent berdasarkan pada gambar 2.8.....	37
Gambar 4. 2 Grafik perbandingan nilai laju perpindahan aktual (Qact) terhadap waktu operasi.....	42
Gambar 4. 3 Grafik perbandingan nilai efektifitas <i>acid cooler heat exchanger</i> terhadap waktu operasi.....	43

DAFTAR TABEL

	Hlm
Tabel 4. 1 Data sebelum dilakukan scalling	35
Tabel 4. 2 Data setelah dilakukan scalling	36
Tabel 4. 3 Data Laju Kapasitas panas	36
Tabel 4. 4 Hasil analisa sebelum scalling	41
Tabel 4. 5 Hasil analisa setelah scalling	41



DAFTAR SIMBOL

SIMBOL	SATUAN	KETERANGAN
ϵ_{HE}	%	Efektifitas
T_{in}	°C	Temperatur fluida masuk
T_{out}	°C	Temperatur fluida keluar
Q_{ac}	W	Laju perpindahan panas aktual
Q_{max}	W	Laju perpindahan panas maksimum

SURAT PERNYATAAN

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : M RUSLAN SYAHARUDDIN

NIM : 34221017

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa segala pernyataan dalam laporan tugas akhir ini yang berjudul “ Pengaruh Scalling Terhadap kinerja Acid Cooler Heat Exchanger PT. Huayue Nickel Cobalt” merupakan gagasan dan hasil karya saya sendiri dengan arahan komisi pembimbing, dan belum pernah diajukan dalam bentuk apapun pada perguruan tinggi dan instansi manapun.

Semua data dan informasi yang digunakan telah dinyatakan secara jelas dan dapat diperiksa kebenarannya. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan oleh penulis lain telah disebutkan dalam naskah dan dicantumkan dalam daftar Pustaka laporan tugas akhir ini.

Jika pernyataan saya tersebut di atas tidak benar, penulis siap menanggung resiko yang ditetapkan oleh Politeknik Negeri Ujung Pandang

Makassar, Agustus 2024



M RUSLAN SYAHARUDDIN

3422107

PENGARUH SCALLING TERHADAP KINERJA ACID COOLER

HEAT EXCHANGER PT. HUAYUE NICKEL COBALT

RINGKASAN

Acid cooler heat exchanger merupakan peralatan yang digunakan untuk melakukan proses pertukaran kalor antara dua fluida, baik cair (panas atau dingin) maupun gas, dimana fluida ini mempunyai temperatur yang berbeda. *Heat exchanger* ini berfungsi sebagai alat untuk mendinginkan asam untuk produksi untuk disimpan di tangki penyimpanan . Dalam proses pendinginan asam memiliki beberapa masalah seperti panas yang di *transfer* oleh *heat exchanger* belum sesuai dengan yang di inginkan dan kerak yang menempel pada dinding-dinding alat.

Penelitian ini dilakukan bertujuan untuk memaksimalkan proses pendingin dan perpindahan panas pada *acid cooler heat exchanger* dan menghitung efektifitas dari kinerja alat. Sehubungan dengan itu, penelitian ini dilakukan di pabrik asam PT. Huayue Nikel Cobalt, teknik pengambilan data melalui pengamatan langsung di lapangan dengan melakukan monitoring menggunakan *Distributed Control System* (DCS). Dengan mengumpulkan data suhu masuk dan suhu keluar sebelum scalling, suhu masuk dan keluar setelah scalling, dan laju aliran kapasitas panas. kemudian analisis data untuk mengetahui pengaruh scalling pada heat exchanger dengan melakukan perhitungan berdasarkan rumus yang di peroleh dari beberapa referensi.

Berdasarkan hasil penelitian dengan melakukan *scalling* pada *heat exchanger* didapat, efektifitas sebelum di lakukan *scalling* pada *heat exchnager* adalah 37% sedangkan setelah di lakukan *scalling* adalah sebesar 46% pada kondisi setelah dilakukannya scalling pada acid cooler heat exchanger lebih baik di bandingkan sebulum di lakukan scalling

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

PT. Huayue Nickel Cobalt adalah perusahaan teknologi baru yang berlokasi di Kawasan IMIP Kab. Morowali Prov. Sulteng. Pabrik ini mengolah nikel kadar rendah dengan mengadopsi proses *High Pressure Acid Leaching* (HPAL) generasi ke 3 teranggih di dunia yang dapat memanfaatkan semua komposisi logam berharga dari bijih nikel laterit untuk memaksimalkan pemanfaatan sumber daya, mengekstrak nikel, kobalt dan mangan secara bersamaan dan terintegrasi dengan hasil produk yaitu *Mix Hidroxide Precipitate* (MHP) yang akan menjadi bahan baku utama baterai kendaraan listrik. Dalam proses produksi pada perusahaan ini menggunakan beberapa instrument dan salah satunya adalah *acid cooler heat exchanger* yang merupakan alat untuk mendinginkan asam untuk disimpan di tangki penyimpanan. Pada pabrik asam PT.Huayue Nickel cobalt menggunakan tipe tertutup dan berdasarkan arah aliran yaitu aliran berlawanan arah.

Heat Exchanger adalah peralatan yang digunakan untuk melakukan proses pertukaran kalor antara dua fluida, baik cair (panas atau dingin) maupun gas, dimana fluida ini mempunyai temperatur yang berbeda. Secara umum *heat exchanger* dapat di kelompokkan menjadi tiga yaitu *regenerator*, *heat exchanger* tipe terbuka (*Open type heat exchanger*), dan *heat exchanger* tipe tertutup (*Close type heat exchanger*). Sedangkan untuk tipe *heat exchanger* berdasarkan aliran

fluidanya dapat di bedakan menjadi *parallel-flow* atau aliran searah, dan *counter-current flow* (aliran berlawanan arah).

Dalam aplikasi *heat exchanger* di lapangan banyak permasalahan yang di timbulkan, misalnya panas yang di *transfer* oleh *heat exchanger* belum sesuai dengan yang di inginkan, dengan memperbesar *heat exchanger* dapat mengatasi masalah tersebut namun membutuhkan biaya yang tinggi. Bahan yang digunakan untuk jalur ke tangki penyimpanan menggunakan bahan yang mudah korosi jika suhu asam yang dikirim tinggi dan tidak sesuai dengan bahan dari tangki penyimpanan menggunakan bahan yang mudah korosi. Dengan melakukan *scalling* pada *acid cooler heat exchanger* dapat mengatasi permasalahan tersebut karena biaya yang digunakan tidak tinggi dan pengaplikasian yang mudah.

Pada penelitian yang lain *scalling* di lakukan pada permukaan perpindahan panas yang telah lama menjadi masalah pengoperasian peralatan pertukaran panas, proses pengotoran sebagian besar bersifat spesifik pada sistem kimia yang terlibat. Oleh karena itu, dalam studi-studi sebelumnya, laju pengotoran, atau resistensi pengotoran, ditemukan agak berbeda tergantung pada parameter proses, dan dalam sebagian besar kasus, langkah-langkah pengendalian laju dalam proses pengotoran juga berbeda. (Taborek J, 1984)

Dari latar belakang di atas dilakukan perhitungan efisiensi pada *heat exchanger* sebelum dan sesudah *scalling* dengan judul **“Pengaruh *Scalling* Terhadap Kinerja *Acid Cooler Heat Exchanger* Pada Pabrik PT.Huayue Nickel Cobalt”** .

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, maka permasalahan dapat dirumuskan sebagai berikut :

1. Bagaimana perbandingan efektifitas pada *acid cooler heat exchanger* setelah di lakukan *scaling* ?

1.3 Ruang Lingkup Kegiatan

Adapun ruang lingkup dari kegiatan ini yaitu sebagai berikut :

1. Penelitian ini dilakukan di pabrik asam PT HYNC yang di fokuskan pada *acid cooler heat exchanger* dengan fluida pendingin air dan fluida yang didinginkan adalah asam sulfat.
2. Menghitung efektifitas dari alat penukar kalor sebelum dan setelah dilakukan *scaling* pada *acid cooler heat exchanger*.

1.4 Tujuan dan Manfaat Kegiatan

1.4.1 Tujun Kegiatan

Berdasarkan latar belakang dan rumusan masalah di atas tujuan kegiatan ini yaitu :

1. Untuk memaksimalkan proses pendingin dan perpindahan panas pada *acid cooler heat exchanger*.
2. Untuk menghitung perbandingan nilai efektifitas pada *acid cooler heat exchanger* sebelum dan setelah dilakukan *scaling*.

1.4.2 Manfaat Kegiatan

1. Dapat dijadikan sebagai referensi pabrik asam sulfat PT.Huayue nickel cobalt.
2. Peningkatan efektifitas dan kinerja *acid cooler heat exchanger*.
3. Dapat menambah wawasan penulis dan pembaca mengenai *scalling acid cooler heat exchanger*.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Profil Perusahaan

PT Huayue Nickel Cobalt (HYNC) merupakan perusahaan yang bergerak dalam bidang hidrometalurgi untuk pemurnian bijih nikel. Proyek hidrometalurgi PT HYNC terletak di Kawasan Indonesia Morowali Industrial Park (IMIP), Kabupaten Morowali, Provinsi Sulawesi Tengah. Perusahaan ini merupakan investasi bersama antara Huayou Cobalt (produsen kobalt terbesar di dunia) dengan Tsingshan Group dan China Molybdenum. Produk utama proyek hidrometalurgi ini adalah campuran kasar nikel hidroksida atau disebut juga Campuran Endapan Hidroksida/*Mixed Hydroxide Precipitate* (MHP) dengan kapasitas produksi 65.000 ribu ton per tahun.

Pemurnian bijih nikel yang diproses PT HYNC menggunakan proses pelindian asam tekanan tinggi atau disebut juga *High Pressure Acid Leaching* (HPAL) generasi ketiga yang merupakan teknologi terbaru di dunia. Fitur utama dari proses ini adalah pencucian logam nikel dan kobalt terpilih di bawah suhu dan tekanan tinggi, sehingga tingkat perolehan kembali logam nikel, kobalt, dan lainnya mencapai lebih dari 90%. Proses ini mengonsumsi energi yang rendah sehingga hemat energi, serta menerapkan konsep desain ramah lingkungan.

2.2 Pabrik Asam Sulfat

Pabrik Asam Sulfat yang terdapat di PT. Huayue Nickel Cobalt terdapat 3 seri, setiap seri mempunyai kapasitas produksi sebesar 800.000

ton/tahun, sehingga total produksi yakni 2.400.000 ton/tahun. Dan merupakan pabrik asam sulfat terbesar di dunia yang dibangun dalam satu kali investasi pembangunan dan dioperasikan secara bersamaan.

Adapun beberapa peralatan yang digunakan yaitu Tangki peleburan belerang, tungku pembakaran belerang, boiler, converter, tangki penyerapan, tangki pengering udara, blower dll. Menghasilkan produk asam sulfat pekat dengan konsentrasi 98%, 3.200.000 ton uap dan 400 juta kwh listrik. Sehingga dapat mengurangi 320.000 ton emisi karbon dioksida / tahun.

Pabrik asam sulfat menggunakan beberapa bahan baku utama dalam proses produksinya, yakni:

a. Sulfur (Belerang)

Sulfur dapat diperoleh dari tambang sulfur alami, produk samping samping dari pengolahan gas alam dan minyak bumi, serta dari proses desulfurisasi gas buang. Sulfur merupakan bahan baku utama dalam produksi asam sulfat. Sulfur dibakar untuk menghasilkan gas sulfur dioksida (SO_2).

b. Udara (Oksigen)

Udara diambil langsung dari lingkungan sekitar pabrik. Udara yang mengandung oksigen digunakan untuk pembakaran sulfur menjadi sulfur dioksida (SO_2) dan untuk mengoksidasi sulfur dioksida menjadi sulfur trioksida (SO_3).

c. Air

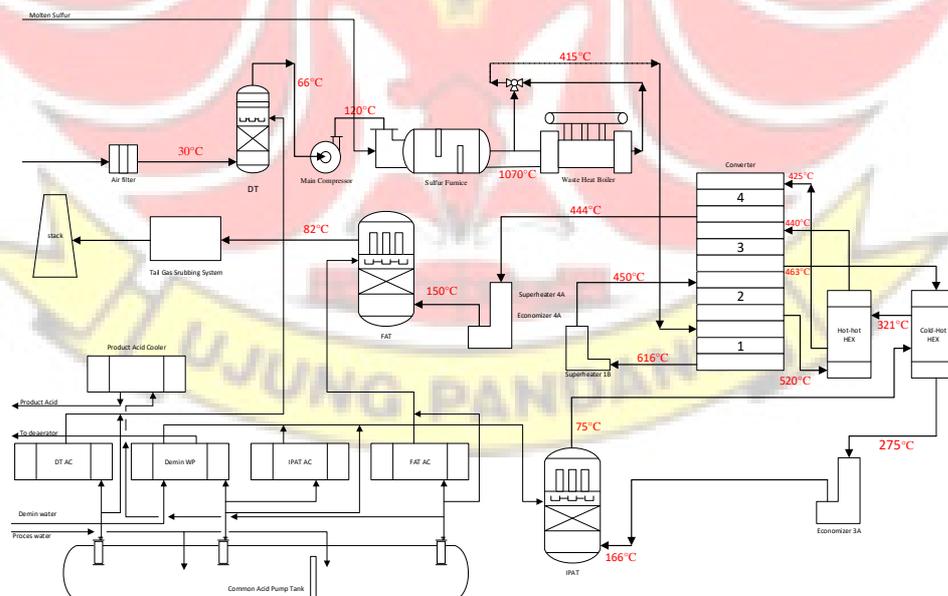
Air yang digunakan bisa berasal dari sumber air alami seperti sungai, danau, atau air tanah, serta air yang diolah dan didaur ulang di dalam pabrik. Air digunakan untuk berbagai keperluan, termasuk pendinginan sistem dan pembentukan asam sulfat dengan menyerap sulfur trioksida (SO_3) dalam air atau asam sulfat encer.

d. Katalis Vanadium Pentoksida (V_2O_5).

Katalis digunakan dalam konverter untuk mempercepat oksidasi sulfur dioksida (SO_2) menjadi Sulfur Trioksida (SO_3).

e. Asam Sulfat Daur Ulang

Asam sulfat yang telah digunakan dapat diolah kembali untuk mendapatkan asam sulfat murni. Adapun skema dari pabrik asam berikut:



Gambar 2. 1 Skema Proses Produksi Asam Sulfat

Sumber : PT. Huayue Nickel Cobalt

Adapun komponen komponen dari pabrik asam sulfat :

1. Insinerator belerang

Insinerator Belerang mengadopsi struktur silinder horizontal, dengan empat Pistol Sulfur untuk injeksi sulfonik, dan dua penyekat dengan sudut berbeda dipasang di Insinerator. Udara kering dan belerang yang disemprotkan dari Pistol Sulfur dibakar dalam Insinerator Belerang untuk menghasilkan belerang dioksida. Insinerator Belerang adalah badan tungku baja yang dilapisi dengan batu bata isolasi dan batu bata tahan api. Suhu Insinerator Belerang umumnya dikendalikan di bawah 1100°C .

2. Boiler

Boiler Pemanas Limbah mengadopsi drum ganda, Boiler Pemanas Limbah drum tunggal, yang terutama digunakan untuk memulihkan suhu gas buang 1100°C dari Insinerator Belerang. Kontrol suhu gas buang hingga sekitar 415°C sebelum memasuki bagian pertama. Panas yang diperoleh kembali dari Boiler menghasilkan uap jenuh 6,9 mpa pada suhu 285°C .

3. Konverter

Konverter adalah peralatan utama untuk memastikan bahwa tingkat konversi mencapai target yang ditentukan. salah satu peralatan utama unit. Suhu Konverter dikontrol pada $400\sim 620^{\circ}\text{C}$, dan gas yang

mengandung SO₂ dan SO₃ diolah. Karena desain katalis multi-tahap, strukturnya sangat kompleks. Temperatur yang berbeda antara bagian menyebabkan tegangan ekspansi termal yang berbeda, dan tidak ada kebocoran gas yang diperbolehkan di antara bagian. Kinerja distribusi gas yang baik dalam Konverter juga merupakan kondisi yang diperlukan untuk memastikan tingkat konversi yang tinggi. Oleh karena itu, Konverter membutuhkan desain struktur dan pemilihan material yang baik dan andal.

4. Superheater

Fungsi dari Superheater Suhu Rendah adalah untuk memanaskan gas buang dari empat bagian dan 6,9 mpa, uap jenuh 285°C dari Boiler Limbah Panas menjadi uap 330°C. Ada perangkat semprotan desuperheating di outlet Superheater Suhu Rendah untuk mengontrol suhu di outlet Superheater Suhu Rendah. Fungsi Superheater Suhu Tinggi adalah untuk menukar gas buang suhu tinggi 620°C dari bagian konversi I dengan uap dari Superheater Suhu Rendah, sehingga mendapatkan suhu desain 450°C yang diperlukan untuk inlet gas buang dari bagian konversi II. Temperatur saluran masuk bagian kedua diatur oleh katup bypass Superheater tinggi.

5. Penukar Panas-Panas

Perangkat Penukar Panas terutama digunakan untuk menukar gas buang suhu tinggi 520°C dari bagian konversi kedua dan gas buang suhu rendah dari Perangkat Penukar Panas dingin. Ini terutama digunakan untuk mengontrol suhu

saluran masuk bagian ketiga dan suhu saluran masuk bagian keempat. Gas buang suhu rendah dari Perangkat Penukar Panas termal memiliki bypass untuk mengatur suhu gas buang di saluran masuk bagian ketiga dan keempat.

6. Penukar Panas-Dingin

Perangkat Penukar Panas Dingin terutama digunakan untuk menukar gas buang 463°C dari bagian ketiga konversi dengan gas buang suhu rendah ditarik kembali. Bypass diatur untuk gas buang suhu rendah dari Perangkat Penukar Panas dan Dingin, terutama untuk mengontrol suhu masuk bagian ketiga dan keempat.

7. Ekonomizer

Economizer 3A/4A adalah Perangkat Penukar Panas Shell and Tube, dan air umpan Boiler mengalir dari bawah ke atas di dalam tabung. Tabung-tabung tersebut disusun secara horizontal dalam barisan, dan kedua ujungnya dihubungkan dengan siku 180° . Sirip diatur di luar tabung untuk meningkatkan efek perpindahan panas. Gas buang mengalir melalui bundel tabung dari atas ke bawah di sisi Shell. Temperatur gas buang digunakan untuk memanaskan suplai air Boiler, dan kedua Economizer dihubungkan secara paralel untuk mengalirkan air ke Boiler. Economizer 3A menukar panas dengan gas buang konversi primer untuk membuat suhu gas buang turun menjadi 166 untuk penyerapan di Menara Absorpsi primer. Economizer 4A menukar panas dengan gas buang konversi sekunder untuk membuat suhu gas buang turun menjadi 150 untuk penyerapan di Menara Absorpsi Sekunder.

8. Menara Pengering (Dry Tower)

Menara pengering adalah perangkat yang digunakan untuk menyerap udara atau oksigen. Udara yang diserap dikirim ke bagian konversi oleh blower atau kipas untuk menyediakan udara kering yang diperlukan untuk bagian konversi. Berdasarkan desain unit ini, asam sulfat dengan konsentrasi 98,5% dan suhu 66°C untuk menghilangkan kandungan air dan zat pengotor pada udara sehingga udara yang masuk benar-benar udara kering. Kadar air di udara keluar harus kurang dari 0,1 g/m³. Pendinginan asam pengering terutama menggunakan air yang bersirkulasi dan asam sulfat dari pabrik asam untuk pertukaran panas, dan aliran air yang bersirkulasi adalah 1950 m³/h. suhu pertukaran panas sebelum dan sesudah air bersirkulasi adalah 33 dan 41°C.

9. Menara Penyerapan Primer

Menara penyerapan primer digunakan untuk menyerap sulfur trioksida (SO₃) yang dihasilkan di konverter. Gas buang yang diserap kembali ke bagian konversi untuk konversi sekunder. Asam sulfat dengan konsentrasi tinggi diserap kembali oleh menara penyerapan primer ke tangki asam sirkulasi. Asam di pompa ke pendinginan asam pertama dan preheater air desal untuk pertukaran panas dan kemudian memasuki tangki distribusi asam dari menara penyerapan primer secara paralel. Suhu asam pada menara dikendalikan pada 75°C dan aliran asam dikendalikan pada 1250m³/h.

10. Menara Penyerapan Sekunder

Menara penyerapan sekunder digunakan untuk menyerap sulfur trioksida (SO_3) yang dihasilkan dari konversi primer. Gas buang yang diserap di buang ke corobong melalui gas Tailing. Asam penyerapan dari menara penyerapan sekunder dipompa oleh pompa penyerapan sekunder ke pendinginan asam untuk pertukaran panas. Setelah pertukaran panas, asam memasuki tangki distribusi. Suhu asam sulfat dikendalikan pada suhu 75°C dan aliran air dikendalikan pada $820\text{m}^3/\text{h}$. asam sulfat dengan konsentrasi tinggi yang diserap oleh menara penyerapan sekunder kembali ke tangki sirkulasi. Pendinginan asam menggunakan air yang bersirkulasi dan asam dari pabrik asam sulfat untuk pertukaran panas, dan aliran air di desain adalah $800\text{m}^3/\text{h}$. suhu perpindahan panas sebelum dan sesudah air bersirkulasi adalah $33\text{-}41^\circ\text{C}$, dan sebelum dan sesudah asam sulfat adalah $82/94^\circ\text{C}$.

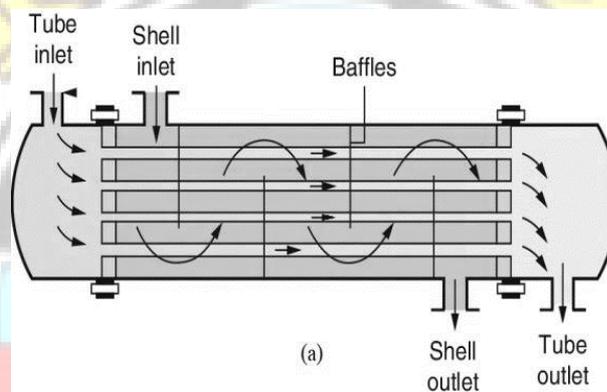
2.3 Heat Exchanger

2.3.1 Defini Heat Exchanger

Heat exchanger atau alat penukar panas merupakan alat yang berfungsi untuk memindahkan panas antar dua fluida dengan suhu yang berbeda. Penukar panas merupakan peralatan yang sangat penting, baik dalam sebuah pembangkit tenaga, proses-proses industri, media transportasi, dan sebagainya. Berdasarkan arah aliran fluida, alat penukar panas (*heat exchanger*) dapat di bedakan yaitu :

1. Heat exchanger dengan aliran searah (*parallel flow*)

fluida (panas dan dingin) masuk pada sisi *heat exchanger* yang sama, mengalir dengan arah yang sama, dan keluar dari sisi yang sama. Temperatur fluida dingin yang keluar tidak dapat melebihi temperatur fluida panas yang keluar, sehingga diperlukan media pendingin atau pemanas yang banyak. Berikut gambar aliran searah seperti pada gambar 2.1 berikut.

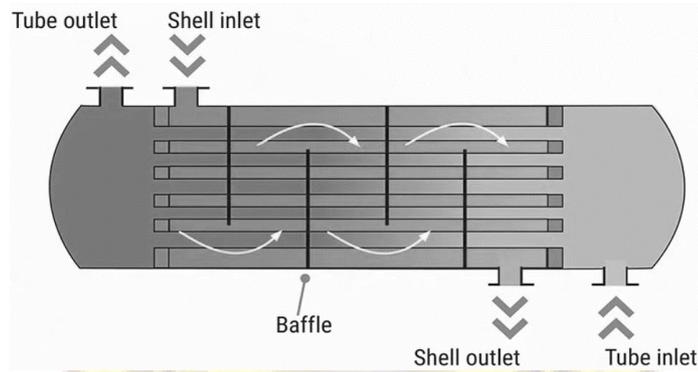


Gambar 2. 2 Aliran searah (pararel flow)

(sumber : Chandrasa soekardi ,2019)

2. Haet exchanger dengan aliran berlawanan arah (*counter-current flow*)

Fluida (panas dan dingin) masuk ke *heat exchanger* dengan arah berlawanan dan keluar *heat exchanger* pada posisi yang berlawan. Seperti pada gambar 2.2 berikut.



Gambar 2. 3 Aliran berlawanan (counter-current flow)

(sumber : Chandrasa soekardi ,2019)

Panas adalah salah satu bentuk energi yang dapat dipindahkan dari satu tempat ke tempat lain, tetapi tidak dapat di ciptakan atau di musnahkan sama sekali. Pada prinsip kerja dari alat penukar kalor yaitu memindahkan panas dari dua fluida pada temperatur berbeda di mana transfer panas dapat dilakukan secara langsung dan tidak langsung :

1. Secara kontak langsung

Panas yang di pindahkan antar dua fluida panas dan dingin melalui permukaan kontak langsung dimana tidak ada dinding antara kedua fluida. Transfer panas dilakukan secara kontak langsung yaitu 2 zat cair yang *immiscible* (tidak dapat bercampur).

2. Secara kontak tak langsung

Perpindahan panas terjadi antara dua fluida panas dan dingin melalui dinding pemisah. Dimana kedua fluida akan mengalir tanpa tercampur.

(Safira Andalusi, 2023)

2.3.2 Acid Cooler Heat Exchanger

Acid cooler heat exchanger adalah alat pendingin yang digunakan untuk mendinginkan asam sebelum di simpan di tangki penyimpanan. Tipe dari *acid cooler heat exchanger* adalah tipe *shell and tube horizontal* dengan luas pertukaran panas yaitu 370 m^2 , temperatur panas 85°C , dan temperatur dingin 33°C . Berikut adalah gambar *acid cooler heat exchanger* :



Gambar 2. 4 Acid Cooler Heat Exchanger

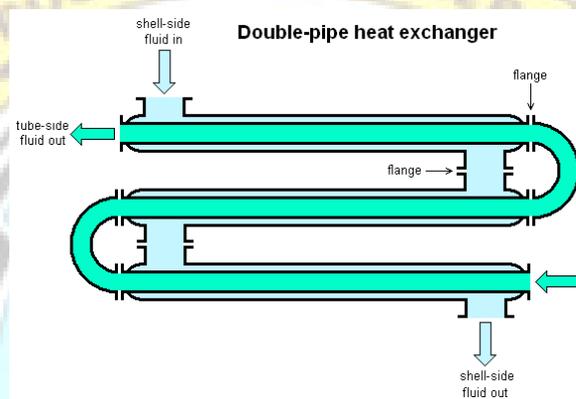
(Sumber : PT. Huayue Nickel Cobalt)

2.3.3 Tipe-Tipe Heat Exchanger

1. Double pipe *heat exchanger* (penukar panas pipa rangkap)

Salah satu jenis penukar panas adalah susunan pipa ganda. Dalam jenis penukar panas dapat digunakan berlawanan arah aliran atau searah, baik dengan cairan panas atau dingin. Alat penukar panas pipa rangkap terdiri dari dua pipa logam standar yang dikedua

ujungnya dilas menjadi satu atau dihubungkan dengan kotak penyekat. Fluida yang satu mengalir di dalam pipa, sedangkan fluida kedua mengalir di dalam ruang anulus antara pipa luar dengan pipa dalam. Alat penukar panas jenis ini dapat digunakan pada laju alir fluida yang kecil dan tekanan operasi yang tinggi.

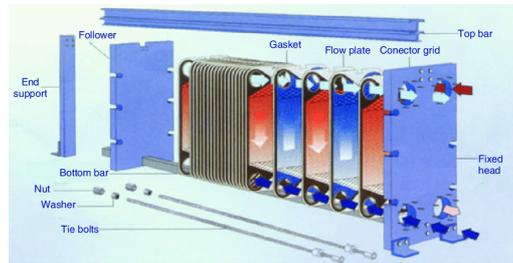


Gambar 2. 5 Double pipe heat exchanger

(sumber : K Vijana , 2015)

2. Plate and frame Heat Exchanger

Alat penukar panas plate and frame terdiri dari paket pelat – pelat tegak lurus, bergelombang, atau profil lain. Pemisah antara pelat tegak lurus dipasang penyekat lunak (biasanya terbuat dari karet). Pelat – pelat dan sekat disatukan oleh suatu perangkat penekan yang pada setiap sudut pelat terdapat lubang pengalir fluida. Melalui lubang ini, fluida dialirkan masuk dan keluar pada sisi yang lain, sedangkan fluida yang lain mengalir melalui lubang dan ruang pada sisi sebelahnya karena ada sekat.

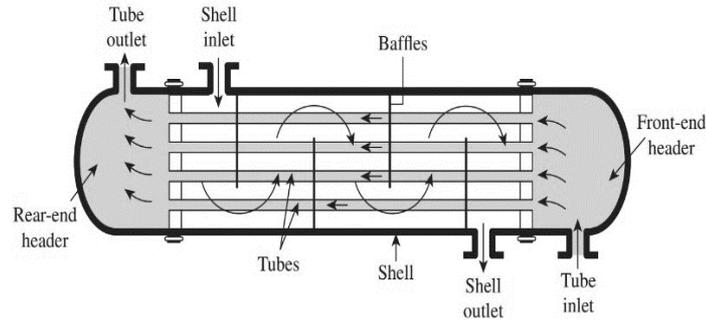


Gambar 2. 6 Plate and frame Heat Exchanger

(sumber : Shiv Kumar, 2022)

3. Tipe Heat exchanger Tube and sheel

Heat exchanger tube and sheel merupakan jenis yang paling banyak digunakan dalam industri perminyakan. Alat ini terdiri dari sebuah shell (tabung/slinder besar) dimana di dalamnya terdapat suatu bundle (berkas) pipa dengan diameter yang relative kecil. Fluida yang satu mengalir di dalam bundel pipa, sedangkan fluida yang lain mengalir di luar pipa pada arah yang sama, berlawanan, atau bersilangan. Kedua ujung pipa tersebut dilas pada penunjang pipa yang menempel pada mantel. Untuk meningkatkan efisiensi pertukaran panas, biasanya pada alat penukar panas shell and tube dipasang sekat (*buffle*).



Gambar 2. 7 Tipe heat exchanger shell and tube

(sumber : savree, 2023)

Berikut adalah komponen-komponen *Heat Exchanger tube and shell* :

1. Tabung (*tubes*) adalah bagian utama dari heat exchanger dimana fluida panas dan fluida dingin mengalir. Fluida panas mengalir di dalam tabung-tabung ini sementara fluida dingin mengalir di sekitar tabung-tabung tersebut, memungkinkan pertukaran panas terjadi antara keduanya.
2. Selongsong (*Shell*) adalah bagian eksternal dari heat exchanger dimana fluida dingin mengalir. Shell biasanya memiliki bentuk silinder dan menyelubungi tabung-tabung, menciptakan ruang di antara tabung dan shell untuk fluida dingin mengalir.
3. *Header* adalah bagian dimana fluida masuk dan keluar dari heat exchanger. Biasanya, terdapat dua header: satu untuk fluida panas dan satu untuk fluida dingin. Fluida masuk ke header, didistribusikan ke dalam tabung, dan kemudian dikumpulkan kembali dari tabung untuk keluar dari heat exchanger melalui header lagi.

4. *Baffle* adalah penghalang yang ditempatkan di dalam shell untuk memperbaiki distribusi aliran fluida dingin. Ini membantu mengarahkan aliran fluida dingin di sekitar tabung dengan cara yang efisien sehingga terjadi pertukaran panas yang optimal.
5. Tutup (*End Caps*) ditempatkan pada kedua ujung heat exchanger untuk menutup tabung dan shell. Tutup ini memiliki lubang untuk memasukkan dan mengeluarkan fluida dari header.
6. Media Penukar Panas (*Heat Transfer Medium*): Ini bisa berupa air, uap, gas, atau cairan lainnya yang membawa panas dari satu fluida ke fluida lainnya. Media ini dapat berada di dalam tabung atau di sekitar tabung tergantung pada desain *heat exchanger*.

Berikut adalah aplikasi dari *heat exchanger shell and tube* secara umum

1. Pengolahan Minyak dan Gas, penukar panas *shell* dan *tube* digunakan untuk memanaskan atau mendinginkan minyak mentah, gas alam, dan fluida proses lainnya.
2. Pembangkit Listrik, penukar panas *shell* dan *tube* digunakan untuk mentransfer panas antara uap dan air pendingin dalam proses pembangkitan listrik.
3. Pengolahan Kimia, penukar panas *shell* dan *tube* digunakan untuk membantu dalam mentransfer panas antara fluida proses seperti aliran proses dan air pendingin.

Manfaat dari *heat exchanger shell and tube* adalah penukar panas menggunakan bahan yang kuat dan tahan lama dalam berbagai kondisi, bekerja dengan biaya yang rendah di bandingkan penukar panas yang lainnya, transer panas yang tinggi cocok untuk berbagai aplikasi termasuk yang bertekanan tinggi, dan penukar panas ini dapat ditingkatkan ukuranya seseuai dengan kubutuhan yang di inginkan. Dengan manfaat tersebut menjadikan *heat exchngr shell and tube* menjadi populer dan banyak di gunakan di industri. (R. mukherjee,1998)

2.4 Scalling

Penskalaan (*scaling*) terjadi ketika padatan terlarut, seperti mineral dan garam, mengendap dan membentuk lapisan padat pada permukaan penukar panas. *Indeks Saturasi Langelier* adalah konsep penting dalam memahami ketidakstabilan garam kalsium dan magnesium. *Indeks Saturasi Langelier* adalah nilai terhitung yang digunakan untuk memprediksi potensi penskalaan air dan menentukan apakah air berada dalam kondisi bagus atau tidak bagus.

Seperti kebanyakan jenis pengotoran, adanya kerak ditandai dengan peningkatan penurunan suhu, sehingga suhu masuk dan keluar harus didokumentasikan secara teratur untuk mengetahui keadaan kerak sebelum tabung tersumbat sepenuhnya.

Karena pada alat *acid cooler heat exchanger* mengalami rendahnya pertukaran panas yang parah, yang berdampak serius pada peningkatan beban unit pembuatan asam dan keselamatan pengoperasian peralatan. Metode

pembersihan fisik tidak efektif, kali ini sistem diisi dan sirkulasi paksa digunakan untuk membersihkan kerak keras pendingin asam secara kimia.

Berikut beberapa metode yang dilakukan saat *scaling* :

1. Larutan pembersih dapat ditambahkan ke sistem air pendingin dalam proporsi tertentu, dan pompa pendingin dapat mulai bersirkulasi selama 12 hingga 24 jam. Larutan pembersih akan bersirkulasi terus menerus, dan lapisan sedimen akan larut dan rontok karena aksi kimia dan efek gerusan larutan pembersih. Namun, metode ini membutuhkan cairan pembersih dalam jumlah besar, dan biayanya tinggi.
2. Untuk pembersihan kondensor tunggal, pompa sirkulasi dan pipa dapat dihubungkan antara tangki penyimpanan cairan pembersih dan kondensor untuk membentuk lingkaran tertutup, sehingga larutan pembersih dapat bersirkulasi terus menerus selama 12 hingga 24 jam, dan sedimen dapat larut dan jatuh.
3. Jenis perendaman diadopsi menggunakan campuran larutan pembersih dalam proporsi tertentu, tambahkan ke kondensor dan diamkan selama 5-10 jam untuk melunakkan dan melarutkan endapan, tiriskan larutan pembersih dan cuci dengan air bersih. Periksa kerak: buka penutup ujung kondensor, dan Anda mungkin melihat kerak pada kondensor. Warna asli tabung tembaga tidak terlihat, dan penskalaannya sangat serius, sehingga perlu dibersihkan tepat waktu. Penyebab utama pembentukan kerak adalah ion kalsium dan magnesium dalam air pendingin mengkristal dan mengendap dalam bentuk garam ketika

dipanaskan dan mengembun pada dinding bagian dalam pipa tembaga; Produk oksidasi logam dari pipa sistem; Lendir yang dibiakkan oleh bakteri dan ganggang.

4. Metode pembersihan kimia menggunakan larutan pembersih untuk membersihkan, pertama gunakan larutan asam untuk membersihkan, kemudian gunakan larutan alkali untuk netralisasi dan pembersihan, dan terakhir gunakan air bersih untuk mencuci larutan asam dan alkali.

Larutan pembersih dapat ditambahkan ke sistem air pendingin dalam proporsi tertentu, dan pompa pendingin dapat mulai bersirkulasi selama 12 hingga 24 jam. Larutan pembersih akan bersirkulasi terus menerus, dan lapisan sedimen akan larut dan rontok karena aksi kimia dan efek gerusan larutan pembersih. Namun, metode ini membutuhkan cairan pembersih dalam jumlah besar, dan biayanya tinggi.

Keuntungan pembersihan kimiawi: pembersihan kerak secara menyeluruh; Hemat tenaga kerja. Kerugian pembersihan kimia: dapat menyebabkan korosi pada tabung tembaga kondensor; Pembuangan cairan limbah setelah dibersihkan; Harga obat mahal. Selama pembersihan bahan kimia, perhatian harus diberikan pada proporsi larutan, sirkulasi, dan waktu perendaman untuk mencegah kondensor dari korosi.

5. Metode pembersihan fisik adalah dengan menggunakan sikat poros fleksibel untuk pembersihan. Poros fleksibel digerakkan untuk berputar oleh motor mesin cuci. Ada sikat nilon di bagian depan poros fleksibel. Saat menggunakan,

perpanjang poros fleksibel dan sikat ke dalam tabung tembaga kondensor, bersihkan kotoran di tabung tembaga melalui sikat yang berputar dengan kecepatan tinggi, dan terakhir cuci dengan air bersih.

Keuntungan pembersihan fisik: menghemat biaya bahan kimia yang diperlukan untuk pembersihan kimia; Masalah pembuangan atau perawatan cairan limbah setelah pembersihan bahan kimia dapat dihindari; Tidak mudah menyebabkan korosi pada tabung tembaga kondensor. Kerugian dari pembersihan fisik: Untuk produk kerak keras dan korosi dengan daya rekat yang kuat, efek pembersihan fisik tidak baik; Pembersihan membutuhkan banyak pekerjaan.

6. Kombinasi pembersihan kimia dan fisik direkomendasikan untuk kasus perekat keras. Rendam kondensor dengan larutan pembersih, hilangkan kerak dengan metode pembersihan fisik setelah perekat dilunakkan, dan terakhir cuci dengan air bersih. (Wei Wenbin. 2022)

2.5 Perpindahan Panas

Perpindahan Panas atau kalor adalah ilmu yang mempelajari berpindahnya suatu *energi* (berupa kalor) dari suatu sistem ke sistem lain karena adanya perbedaan temperatur. Perpindahan kalor tidak akan terjadi pada sistem yang memiliki temperatur sama. Perbedaan temperatur menjadi daya penggerak untuk terjadinya perpindahan kalor. Proses perpindahan kalor terjadi dari suatu *system* yang memiliki temperatur lebih tinggi ke temperatur

yang lebih rendah. Perpindahan kalor dapat berlangsung dengan 3 (tiga) cara, yaitu:

1. Perpindahan kalor konduksi
2. Perpindahan kalor konveksi (alami dan paksa)
3. Perpindahan kalor radiasi

Konduksi panas adalah perpindahan atau pergerakan panas antara dua benda yang tidak saling bersentuhan. Dalam hal ini, panas akan berpindah dari benda yang suhunya lebih tinggi ke benda yang suhunya lebih rendah: Laju aliran panas dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain luas permukaan benda yang saling bersentuhan, perbedaan suhu awal antara kedua benda, dan konduktivitas panas dari kedua benda tersebut. Konduktivitas panas ialah tingkat kemudahan untuk mengalirkan panas yang dimiliki suatu benda. Konveksi adalah pengangkutan kalor oleh gerak dari zat yang dipanaskan. Proses perpindahan kalor secara aliran/konveksi merupakan satu fenomena permukaan. Proses konveksi hanya terjadi di permukaan bahan. proses ini struktur bagian dalam bahan kurang penting. Keadaan permukaan dan keadaan sekelilingnya serta kedudukan permukaan itu adalah yang utama. Lazimnya, keadaan keseimbangan termodinamik di dalam bahan akibat proses konduksi, suhu permukaan bahan akan berbeda dari suhu sekelilingnya.

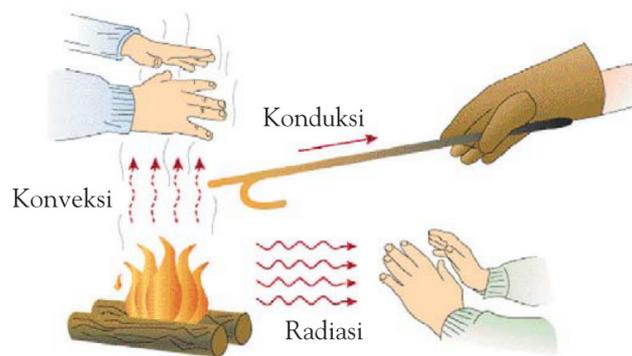
Radiasi adalah perpindahan kalor melalui gelombang dari suatu zat ke zat yang lain. Semua benda memancarkan kalor. Keadaan ini baru terbukti setelah suhu meningkat. Pada hakekatnya proses perpindahan kalor radiasi

terjadi dengan perantara foton dan juga gelombang elektromagnet. Terdapat dua teori yang berbeda untuk menerangkan bagaimana proses radiasi itu terjadi. Semua bahan pada suhu mutlak tertentu akan menyinari sejumlah energi kalor tertentu. Semakin tinggi suhu bahan tadi maka semakin tinggi pula energy kalor yang disinarkan.(AAP Susastriawan, 2022)



Pada heat exchanger shell and tube, perpindahan panas terjadi melalui beberapa mekanisme utama. Konduksi terjadi pada dinding tabung. Panas berpindah dari fluida panas ke fluida dingin melalui dinding tabung. Proses ini melibatkan konduksi, di mana energi termal berpindah melalui material padat (dinding tabung) dari fluida dengan suhu tinggi ke fluida dengan suhu rendah. Konveksi terjadi pada fluida panas yang mengalir di dalam tabung mengalami konveksi, di mana panas dipindahkan dari dinding tabung ke fluida itu sendiri. Fluida dingin yang mengalir di sekitar tabung juga mengalami konveksi. Fluida ini menyerap panas dari dinding tabung dan kemudian mengalami pemanasan.

Pertukaran Panas terjadi di dalam Tabung Fluida panas mengalir melalui tabung yang terletak di dalam shell. Ketika fluida ini mengalir, panasnya ditransfer ke dinding tabung melalui konduksi. Pada *shell* Fluida dingin mengalir di sekitar tabung di dalam shell. Panas dari dinding tabung dipindahkan ke fluida dingin melalui konveksi, sehingga fluida dingin menyerap panas.



Gambar 2. 8 perpindahan panas konduksi, konveksi, dan radiasi
(sumber: Nur Afdan, 2021)

Pembersihan *heat exchanger shell and tube* penting untuk mempertahankan efisiensi perpindahan panas dan mencegah kerusakan. Beberapa faktor yang mempengaruhi kebutuhan pembersihan *heat exchanger* meliputi:

- Penumpukan skala dan karat penumpukan mineral atau endapan pada permukaan tabung dapat mengurangi efisiensi perpindahan panas dengan menciptakan isolasi termal. Skala ini biasanya terjadi pada fluida yang mengandung mineral atau ketika terjadi perubahan suhu yang ekstrem.
- Kotoran atau sedimen yang terbawa oleh fluida dapat menempel pada dinding tabung atau permukaan shell, menghambat aliran fluida dan mengurangi efisiensi transfer panas.
- Korosi pada bahan *heat exchanger* dapat disebabkan oleh sifat kimia fluida yang mengalir, dan korosi ini dapat memperburuk

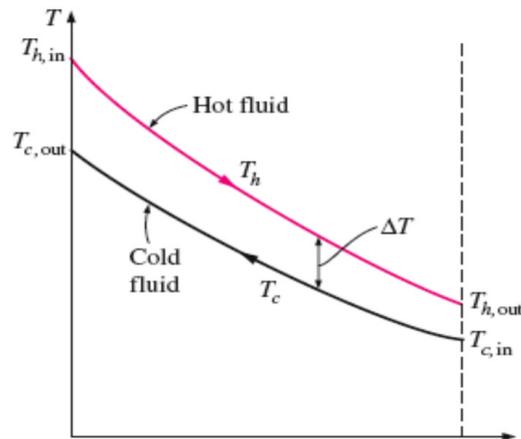
kondisi tabung, mengakibatkan kebocoran atau penurunan performa. Pertumbuhan.

- Pertumbuhan *mikroorganisme* seperti bakteri atau alga dapat tumbuh di dalam fluida, menyebabkan biofilm atau lapisan kotoran yang menghambat pertukaran panas dan dapat menyebabkan kerusakan pada permukaan.
- Kinerja menurun jika *heat exchanger* menunjukkan penurunan kinerja atau efisiensi transfer panas, ini sering kali menunjukkan bahwa pembersihan diperlukan untuk mengembalikan kinerja sistem.
- Frekuensi operasi dan waktu penggunaan *heat exchanger* yang beroperasi secara terus-menerus atau dalam kondisi yang berat mungkin memerlukan pembersihan lebih sering dibandingkan dengan yang beroperasi dalam kondisi ringan atau periodik.
- Jenis Fluida: Fluida yang mengalir dalam *heat exchanger* (seperti fluida kotor, berminyak, atau bersifat korosif) dapat mempengaruhi frekuensi dan jenis pembersihan yang dibutuhkan.

Pembersihan yang tepat dan pemeliharaan rutin membantu menjaga efisiensi operasi *heat exchanger* dan mencegah biaya perbaikan yang tinggi.

2.6 Efektifitas Heat Exchanger Acid Cooler

Efektifitas *heat exchanger* adalah salah satu cara untuk mengevaluasi unjuk kerja dari alat penukar panas dengan memperhatikan suhu yang masuk dengan suhu yang keluar dari alat.



Gambar 2. 9 Gambar profil perpindahan panas *heat exchanger counter carrent*
(Sumber : Chengel , 2003)

Berdasarkan suhu masuk dan keluar yang digunakan, efektifitas dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$\varepsilon_{HE} = \frac{Q_{act}}{Q_{max}} \times 100\%$$

Dimana :

- ε_{HE} : Efektifitas suhu (%)
- Q_{act} : Laju perpindahan panas aktual (W)
- Q_{max} : Laju perpindahan panas maksimum (W)

1. Laju Perpindahan Panas Aktual *Heat Exchnger Acid Cooler*

Laju perpindahan panas aktual yaitu panas yang dilepas dari fluida panas atau diserap oleh fluida dingin .Laju perpindahan panas oleh aliran fluida panas dinyatakan dalam bentuk persamaan seperti berikut:

$$Q_{act} = C_h (T_{h,i} - T_{h,o})$$

Dimana:

- C_h : Laju kapasitas panas aliran fluida panas
- $T_{h,i}$: Temperatur rata-rata fluida panas masuk ($^{\circ}\text{C}$)
- $T_{h,o}$: Temperatur rata-rata fluida panas keluar ($^{\circ}\text{C}$)

2. Laju Perpindahan Panas Maksimum *Heat Exchanger Acid Cooler*

Laju perpindahan panas maksimal merupakan nilai perpindahan panas yang terbesar yang terjadi pada *heat exchanger*. Besarnya laju pertukaran energi panas maksimum pada sebuah aplikasi yang bekerja pada kondisi termal tertentu dapat dinyatakan dengan menggunakan persamaan berikut:

$$Q_{max} = C_{min}(T_{h,i} - T_{c,i})$$

Dimana:

- $T_{h,i}$: Temperatur rata-rata fluida panas masuk ($^{\circ}\text{C}$)
- $T_{c,i}$: Temperatur rata-rata fluida dingin keluar ($^{\circ}\text{C}$)
- C_{min} : Laju kapasitas panas yang lebih rendah di antara C_c dan C_h .

$$C_{min} = C_h \text{ apabila } C_h < C_c \text{ dan } C_{min} = C_c \text{ apabila } C_c < C_h$$

Efektifitas suhu ini memberikan indikasi seberapa besar perubahan suhu fluida yang melewati alat penukar panas. Nilai efektifitas suhu berkisar antara 0 hingga 100, di mana nilai 100 menunjukkan efisiensi penuh, yaitu panas fluida panas sepenuhnya ditransfer ke fluida dingin.

Efektifitas suhu dalam pertukaran panas telah dikenal dan diterapkan oleh berbagai ilmuwan dan insinyur di bidang termodinamika, banyak tokoh terkemuka seperti Clausius, Kelvin, dan banyak lainnya yang telah memberikan kontribusi penting dalam pengembangan efisiensi pertukaran panas.

Rumus yang disebutkan sebelumnya merupakan turunan dari konsep dasar termodinamika dan prinsip pertukaran panas. Ini adalah rumus yang umum digunakan dalam analisis penukar panas untuk menghitung efektifitas suhu. Sebagai turunan dari prinsip-prinsip termodinamika yang sudah mapan, tidak ada satu ilmuwan atau peneliti tertentu yang secara khusus dikaitkan dengan rumus tersebut. (Soewardi Chandrasa, 2019)

BAB III METODE PENELITIAN

3.1. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada pabrik asam PT. Huayue Nickel Cobalt PT. Indonesia Morowali Industrial Park (IMIP) Kabupaten Morowali, Provinsi Sulawesi Tengah. Waktu penelitian ini dilakukan pada bulan Maret 2024 sampai dengan bulan Juli 2024.

3.2 Parameter yang Digunakan Dalam Penelitian

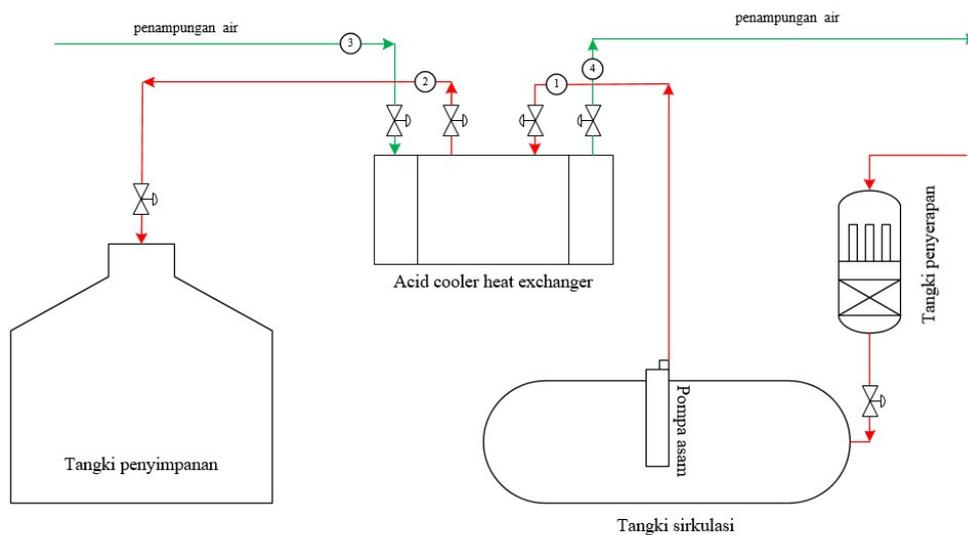
Dengan melakukan observasi yaitu teknik pengumpulan data yang dilakukan melalui sesuatu pengamatan langsung di lapangan dengan melakukan monitoring menggunakan *Distributed Control System (DCS)*

serta pengumpulan data di Divisi *Acid Plant* PT. Huayue Nickel Cobalt dan juga melakukan studi pustaka untuk mempelajari tentang topik yang akan kita teliti pada dokumen, buku dan referensi lainnya.

Parameter yang digunakan untuk memperoleh efisiensi kinerja deaerator adalah sebagai berikut:

1. Temperatur fluida masuk dan keluar *acid cooler heat exchanger* sebelum *scalling*
2. Temperatur fluida masuk dan keluar *acid cooler heat exchanger* setelah *scalling*.
3. Laju kapasitas aliran fluida panas.
4. Laju kapasitas aliran fluida dingin

3.3 Skema Acid Cooler Heat Exchanger



Gambar 3. 1 Skema Sistem *acid cooler heat exchanger*

Keterangan:

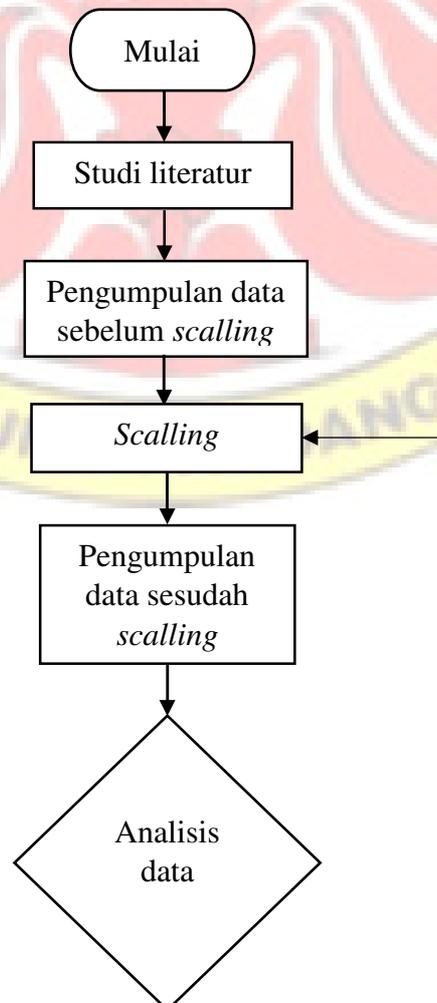
1. Temperatur fluida masuk asam sulfat.
2. Temperatur fluida keluar asam sulfat.
3. temperatur fluida masuk air.
4. temperatur fluida keluar air.

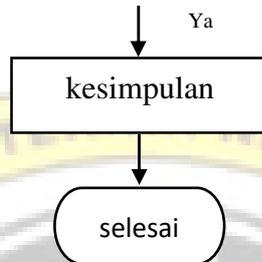
3.4 Analisis Data

Setelah mengumpulkan berbagai jenis data, kemudian data yang di peroleh akan di analisis untuk menghitung perbandingan efektifitas sesudah dan sebelum dilakukan *scalling* untuk mengetahui bagaimana kinerja dari *acid cooler*. Berikut beberapa analisis yang dilakukan untuk kegiatan tersebut :

1. Menghitung nilai efektifitas *acid cooler heat exchanger* sebelum *scalling*.
2. Menghitung nilai efektifitas *acid cooler heat exchanger* setelah *scalling*.
3. Membandingkan hasil nilai efektifitas yang di dapat sebelum dan setelah *scalling*.
4. Menyajikan hasil perbandingan nilai efektifitas dalam bentuk grafik.

3.5 Diagram Alur





Gambar 3.2 Flowchart

BAB IV HASIL DAN DESKRIPSI KEGIATAN

4.1 Hasil Kegiatan

Tahap yang pertama yaitu dengan pengambilan data suhu masuk dan suhu keluar dari asam sulfat dan air pada *heat exchanger*. Pada proses yang telah diamati terdapat data hasil operasi *heat exchanger* sebelum dan setelah dilakukannya *scalling* yang sudah di rata-ratakan dari data pada lampiran. Seperti pada tabel di bawah ini.

Tabel 4. 1 Data sebelum dilakukan scalling

No	Waktu Operasi	Suhu asam masuk (°C)	Suhu asam keluar (°C)	Suhu air masuk (°C)	Suhu air keluar (°C)
1	11/15/2023	85.66	63.41	29.58	34.33
2	11/16/2023	82.50	63.25	29.66	34.41

3	11/17/2023	82.08	63.66	29.75	35.25
4	11/18/2023	83.75	63.66	29.41	35.33
5	11/19/2023	85.33	64.41	30.25	35.58
Rata-rata		83.864	63.678	29.848	34.98

Tabel 4. 2 Data setelah dilakukan scalling

No	Waktu Operasi	Suhu asam masuk (°C)	Suhu asam keluar (°C)	Suhu air masuk (°C)	Suhu air keluar (°C)
1	11/21/2023	82.08	49.08	29.58	43.83
2	11/22/2023	82.5	48.58	29.66	44.33
3	11/23/2023	86	48.91	30.18	43.91
4	11/24/2023	83.72	50.33	30	45.16
5	11/25/2023	85.27	50.25	29.75	44.58
Rata-rata		83.91	49.43	29.83	44.48

Tabel 4. 3 Data Laju Kapasitas panas

Laju kapasitas panas aliran fluida asam	Laju kapasitas panas aliran fluida air
295,94 $\frac{W}{^{\circ}C}$	347,93 $\frac{W}{^{\circ}C}$

4.2 Analisis Data

Pada tahap ini data yang didapatkan akan di hitung untuk mendapatkan nilai efektifitas dari alat, sebelum dan setelah di lakukan *scalling* selama 5 hari berturut-turut.

4.2.1. Data percobaan pada *acid cooler heat exchanger* sebelum dilakukan *scalling* (11/15/2023).



Gambar 4. 1 gambar profil perpindahan panas *heat exchanger counter current* berdasarkan pada gambar 2.8.

Diketahui :

- $T_{in (asam)} : 85,66^{\circ}\text{C}$
- $T_{out (asam)} : 63,41^{\circ}\text{C}$
- $T_{in (air)} : 29,58^{\circ}\text{C}$

- $T_{in(air)} : 34,33^{\circ}\text{C}$
- Laju kapasitas panas aliran fluida asam $C_h : 295,94 \frac{W}{^{\circ}\text{C}}$
- Laju kapasitas panas aliran fluida air $C_c : 347,93 \frac{W}{^{\circ}\text{C}}$

Ditanyakan : $\epsilon_{HE} = \dots\dots\dots?$

Penyelesaian :

Pada data operasi dan kinerja yang telah di dapatkan maka akan dihitung dari laju perpindahan panas yang telah ada, untuk mendapatkan nilai efektifitas dari heat exchanger , yaitu

1. Perhitungan perpindahan panas aktual(Q_{act})

Laju perpindahan panas aktual yaitu panas yang dilepas dari fluida panas atau diserap oleh fluida dingin, yaitu.

$$Q_{act} = C_h(T_{in(asam)} - T_{out(asam)})$$

$$Q_{act} = 295,94 \frac{W}{^{\circ}\text{C}}(85,66^{\circ}\text{C} - 63,41^{\circ}\text{C})$$

$$Q_{act} = 6584,665 \text{ W}$$

2. Perhitungan perpindahan panas maksimal (Q_{max})

Laju perpindahan panas maksimal merupakan nilai perpindahan panas yang terbesar yang terjadi pada *heat exchanger*, yaitu.

$$Q_{max} = C_{min}(T_{in(asam)} - T_{in(air)})$$

$$Q_{max} = 295,94 \frac{W}{^{\circ}\text{C}}(85,66^{\circ}\text{C} - 29,58^{\circ}\text{C})$$

$$Q_{\max} = 16596,31 \text{ W}$$

3. Perhitungan Efektifitas kinerja (ϵ_{HE})

Efektifitas kinerja dari *acid cooler heat exchanger* yang di dapat yaitu:

$$\epsilon_{HE} = \frac{Q_{act}}{Q_{max}} \times 100\%$$

$$\epsilon_{HE} = \frac{6584,66 \text{ W}}{16596,31 \text{ W}} \times 100\%$$

$$\epsilon_{HE} = 40\%$$

Jadi nilai efektifitas thermal fluida asam setelah membandingkan suhu actual dan maksimum dari *acid cooler heat exchanger* pada 11/15/2023 setelah dilakukannya pergantian adalah sebesar 40%

4.2.2. Data percobaan pada *acid cooler heat exchanger* sebelum dilakukan *scalling* (11/21/2023).

Diketahui :

- $T_{in} \text{ (asam)} : 82,08^{\circ}\text{C}$
- $T_{out} \text{ (asam)} : 49,08^{\circ}\text{C}$
- $T_{in} \text{ (air)} : 29,58^{\circ}\text{C}$
- $T_{in} \text{ (air)} : 43,83^{\circ}\text{C}$
- Laju kapasitas panas aliran fluida asam $Ch : 295,94 \frac{W}{^{\circ}\text{C}}$
- Laju kapasitas panas aliran fluida air $Cc : 347,93 \frac{W}{^{\circ}\text{C}}$

Ditanyakan : $\epsilon_{HE} = \dots\dots\dots?$

Penyelesaian :

Pada data operasi dan kinerja yang telah di dapatkan maka akan dihitung dari laju perpindahan panas yang telah ada, untuk mendapatkan nilai efektifitas dari heat exchanger, yaitu

1. Perhitungan perpindahan panas aktual(Q_{act})

Laju perpindahan panas aktual yaitu panas yang dilepas dari fluida panas atau diserap oleh fluida dingin, yaitu.

$$Q_{act} = C_h(T_{in(asam)} - T_{out(asam)})$$

$$Q_{act} = 295,94 \frac{W}{^{\circ}C} (82,08^{\circ}C - 49,08^{\circ}C)$$

$$Q_{act} = 9766,02 \text{ W}$$

2. Perhitungan perpindahan panas maksimal (Q_{max})

Laju perpindahan panas maksimal merupakan nilai perpindahan panas yang terbesar yang terjadi pada *heat exchanger*, yaitu.

$$Q_{max} = C_{min}(T_{in(asam)} - T_{in(air)})$$

$$Q_{max} = 295,94 \frac{W}{^{\circ}C} (82,08^{\circ}C - 29,58^{\circ}C)$$

$$Q_{max} = 15536,85 \text{ W}$$

3. Perhitungan Efektifitas kinerja (\mathcal{E}_{HE})

Efektifitas kinerja dari *acid cooler heat exchanger* yang di dapat yaitu:

$$\mathcal{E}_{HE} = \frac{Q_{act}}{Q_{max}} \times 100\%$$

$$\epsilon_{HE} = \frac{9766,02 \text{ W}}{15537,85 \text{ W}} \times 100\%$$

$$\epsilon_{HE} = 63\%$$

Jadi nilai efektifitas thermal fluida asam setelah membandingkan suhu actual dan maksimum dari *acid cooler heat exchanger* pada 11/21/2023 setelah dilakukannya pergantian adalah sebesar 63%

4.3 Tabel Hasil Analisa

Tabel 4. 4 Hasil analisa sebelum scalling

No	waktu operasi	Q _{max} (W)	Q _{act} (W)	ε _{HE} (%)
1	11/15/2023	16596,32 W	6584,66 W	40%
2	11/16/2023	15637,47 W	5696,84 W	36%
3	11/17/2023	15486,54 W	5451,21 W	35%
4	11/18/2023	16081,38 W	5945,43 W	37%
5	11/19/2023	16300,38 W	6191,06 W	38%

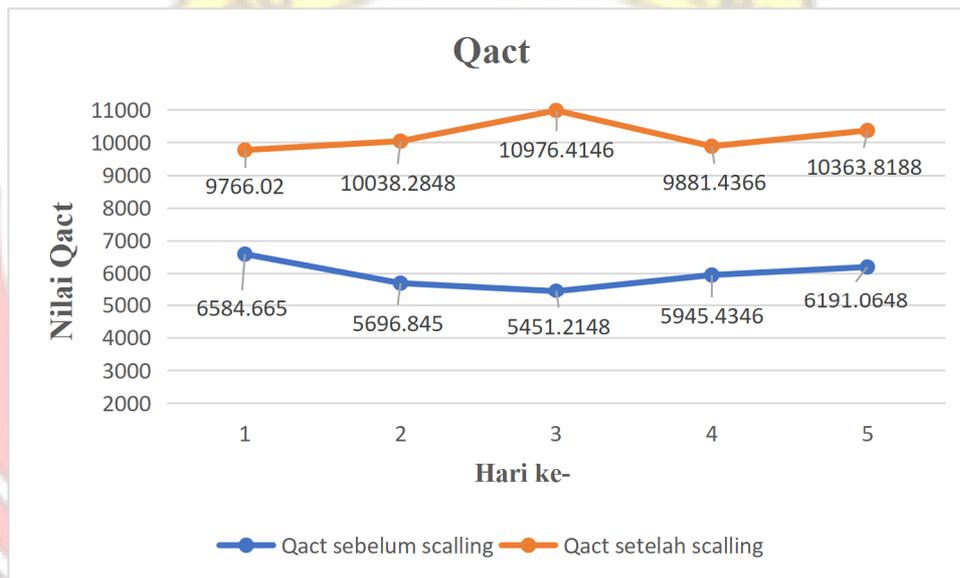
Tabel 4. 5 Hasil analisa setelah scalling

No	waktu operasi	Q _{max} (W)	Q _{act} (W)	ε _{HE} (%)
1	11/21/2023	15536,85	9766,02	63%
2	11/22/2023	15637,47	10038,28	64%
3	11/23/2023	16519,37	10976,41	66%

4	11/24/2023	15897,9	9881,437	62%
5	11/25/2023	16430,59	10363,82	63%

4.4 Grafik dan Pembahasan

1. Perbandingan nilai laju perpindahan aktual (Qact) dengan waktu operasi

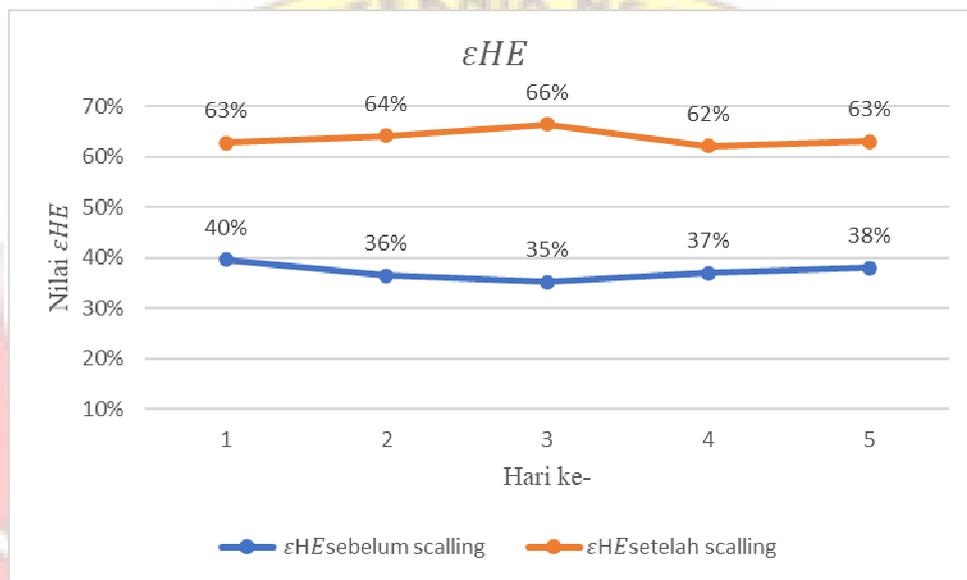


Gambar 4.2 Grafik perbandingan nilai laju perpindahan aktual (Qact) terhadap waktu operasi

Berdasarkan grafik perbandingan diatas nilai Qact *acid cooler heat exchanger* setelah *scalling* lebih tinggi dibandingkan sebelum dilakukannya *scalling*. Secara keseluruhan nilai Qact setelah dilakukan *scalling* lebih baik dibandingkan sebelum dilakukannya *scalling* dengan nilai rata rata yang didapatkan dari *acid cooler heat exchanger* sebelum dilakukan *scalling* adalah sebesar 5973,84484 W dan setelah dilakukannya *scalling* adalah sebesar 10205,19 W. Walaupun tidak terlalu jauh tapi nilai Qact setelah dilakukan *scalling* dan

sebelum dilakukan *scalling* secara keseluruhan dari hari ke hari lebih bagus dengan selisih 4231,35 W.

2. Perbandingan nilai efektifitas *acid cooler heat exchanger* terhadap waktu operasi.



Gambar 4.3 Grafik perbandingan nilai efektifitas *acid cooler heat exchanger* terhadap waktu operasi

Berdasarkan grafik perbandingan diatas didapatkan nilai efektifitas setelah dilakukan *scalling* pada *acid cooler heat exchanger* lebih bagus daripada sebelum dilakukannya *scalling* hal ini ditunjukkan dengan nilai efektifitas dari hari ke hari selama beroperasi didapatkan nilai efektifitas setelah dilakukannya *scalling* lebih besar daripada sebelum dilakukannya *scalling*, dengan rata rata yang didapat sebelum dilakukannya *scalling* nilai efektifitas yang diperoleh sebesar 37% sedangkan setelah dilakukannya *scalling* sebesar 46%, memiliki selisih sebesar

26%. Sehingga berdasarkan data *acid cooler heat exchanger* setelah dilakukan *scalling* lebih efektif dalam menurunkan suhu.

BAB V PENUTUP

5.1 KESIMPULAN

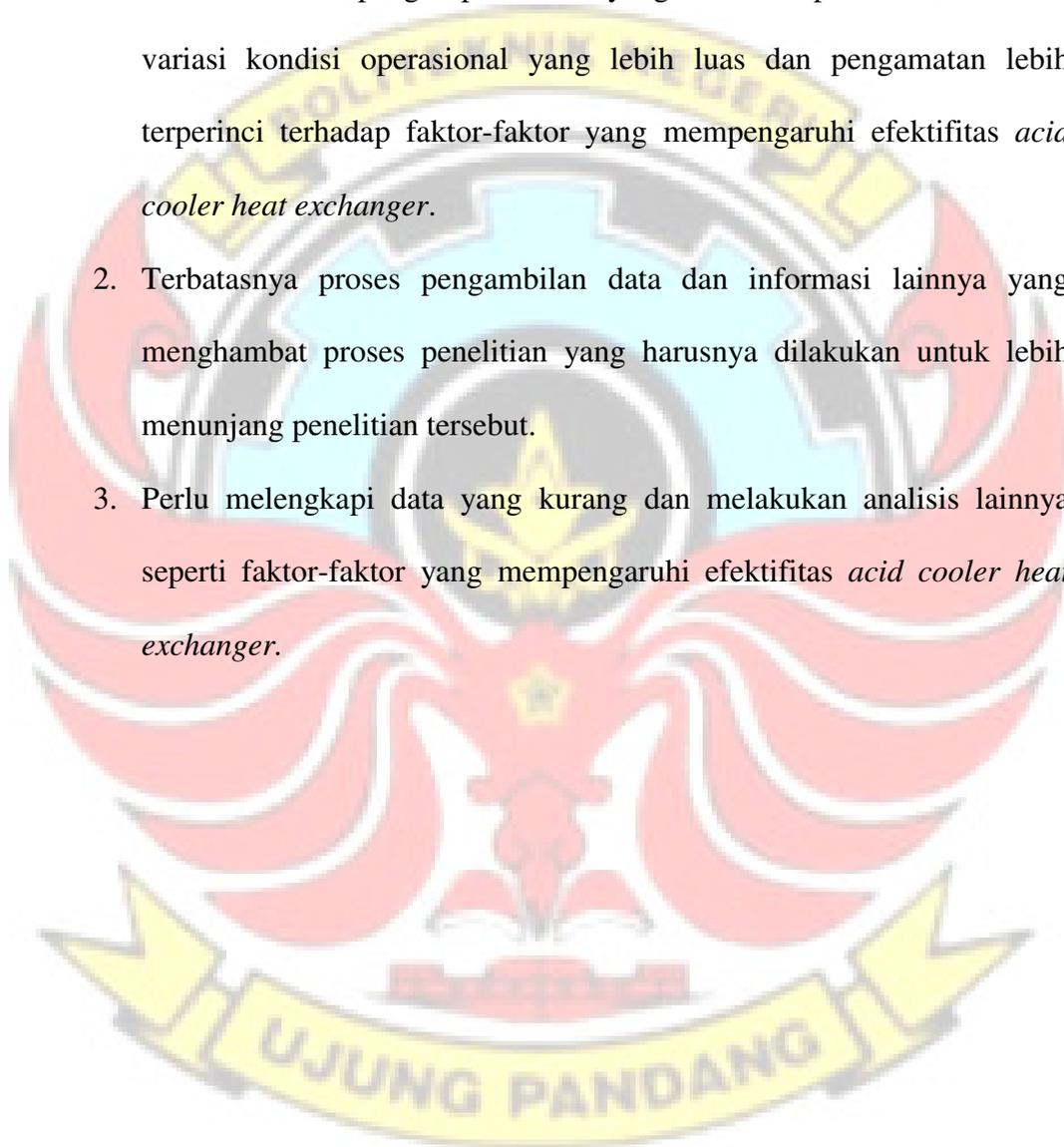
Kesimpulan yang dihasilkan dari penelitian pada *acid cooler heat exchanger* PT. HUAYUE Nickel Cobalt adalah sebagai berikut :

1. Dari data yang telah didapatkan dari perbandingan nilai laju perpindahan aktual (Q_{act}), sebelum dilakukannya *scalling* nilai yang di dapatkan sebesar 5973.84484 W sedangkan setelah dilakukan *scalling* menjadi 10205.19 W. Semakin besar Q_{act} maka semakin kecil rugiruginya, dikarenakan semakin besar debit maka semakin cepat pula kecepatan aliran .
2. Dari data yang telah didapatkan nilai efektifitas sebelum dilakukannya *scalling* pada *acid cooler heat exchanger* adalah sebesar 37% sedangkan nilai efektifitas setelah dilakukan *scalling* pada *acid cooler heat exchanger* adalah sebesar 46%. Setelah dilakukan *scalling* lebih baik dari sebelum dilakukan *scalling* dan fungsi dari alat juga lebih efektif.
3. Berdasarkan hasil penelitian kinerja dalam mendinginkan asam sulfat dan memanaskan air yaitu pada kondisi setelah dilakukannya *scalling*

pada *acid cooler heat exchanger* lebih baik di bandingkan sebelum dilakukan scalling.

5.2 SARAN

1. Perlu dilakukan pengumpulan data yang lebih komprehensif, termasuk variasi kondisi operasional yang lebih luas dan pengamatan lebih terperinci terhadap faktor-faktor yang mempengaruhi efektifitas *acid cooler heat exchanger*.
2. Terbatasnya proses pengambilan data dan informasi lainnya yang menghambat proses penelitian yang harusnya dilakukan untuk lebih menunjang penelitian tersebut.
3. Perlu melengkapi data yang kurang dan melakukan analisis lainnya seperti faktor-faktor yang mempengaruhi efektifitas *acid cooler heat exchanger*.



DAFTAR PUSTAKA

- Andalucia, S., 2023. "Analisis Perpindahan Panas pada Heat Exchanger Tipe Shell and Tube pada Gas Turbine Generator di PLTGU Gunung Megang, Muara Enim, Sefilra Andalucia, 4 Desember."
- Asri, R., 2021. "Analisis Efisiensi Panas Heat Exchanger 03 dan 05 pada Unit Kilang Pusat Pengembangan Sumber Daya Manusia Minyak dan Gas di Cepu Kabupaten Blora, Jawa Tengah."
- Chandra, Soekardi. (2019). Teknik perpindahan energi panas (hal. 179-222).
- PT Huayue Nickel Cobalt. Gambaran Umum Perusahaan. LinkedIn. Diakses pada tahun 2024
- Shiv Kumar et al. (2020). A Review on Design and optimization of shell and tube heat exchanger by varying parameters. Retrieved 2024.
- Simanullang, H. (2021, Januari 10). Siklus Rankine dan Studi Kasus.
- Susastriawan, Anak Agung Putu.(2022) "PERPINDAHAN KALOR."
- Vijana, K. (2015). Heat transfer enhancement in a double pipe heat exchanger using nanofluids. Retrieved 2024.
- Wenbin Wei. 2022. Manual Book Scaling acid cooler heat exchanger unit kerja acid plant. PT. Huayue Nickel Cobalt.

Yunus, A Changel. (2015). Heat and Mass Transfer: Fundamentals and Applications. McGraw-Hill Education



Lampiran 1 Data sebelum scalling pada heat exchanger per jam

jam	11/15/22023				11/16/22023			
	In asam	Out asam	In air	Out air	In asam	Out asam	In air	Out air
07.00	85	64	29	35	81	63	29	35
08.00	85	64	29	35	82	63	29	35
09.00	85	64	29	35	82	63	29	35
10.00	85	63	29	34	82	63	29	34
11.00	84	63	29	34	82	64	30	34
12.00	84	64	29	34	83	64	30	34
13.00	86	64	30	33	83	64	30	35
14.00	86	63	30	33	83	63	30	35
15.00	87	63	30	35	83	63	30	34
16.00	87	63	31	35	83	63	30	34
17.00	87	63	30	35	83	63	30	34
18.00	87	63	30	34	83	63	30	34

jam	11/17/22023				11/18/22023			
	In asam	Out asam	In air	Out air	In asam	Out asam	In air	Out air
07.00	74	64	29	36	85	64	29	35
08.00	81	64	29	35	85	64	29	35
09.00	82	64	29	35	85	64	29	35
10.00	82	64	30	35	85	63	29	35
11.00	82	63	30	36	86	63	30	36
12.00	83	64	30	36	86	64	30	36
13.00	83	64	30	36	86	64	30	36
14.00	83	64	30	35	86	64	30	36
15.00	84	64	30	35	80	64	29	35
16.00	84	63	30	35	78	64	29	35
17.00	84	63	30	35	79	63	29	35
18.00	83	63	30	34	84	63	30	35

jam	11/19/2023			
	in asam	out	in air	out air
07.00	84	64	29	36
08.00	84	65	29	36
09.00	85	65	30	36
10.00	85	64	30	35
11.00	85	64	30	35
12.00	85	64	30	35
13.00	86	64	30	36
14.00	86	64	31	36
15.00	86	65	31	35
16.00	86	65	31	36
17.00	86	65	31	36
18.00	86	64	31	35

Lampiran 2. Data setelah scalling pada heat exchanger per jam

jam	11/21/2023				11/22/2023			
	In asam	Out asam	In air	Out air	In asam	Out asam	In air	Out air
07.00	74	48	29	44	81	49	29	45
08.00	81	48	29	45	82	49	29	45
09.00	82	49	29	44	82	49	29	45
10.00	82	49	29	44	82	48	29	45
11.00	82	49	29	43	82	48	30	45
12.00	83	49	29	44	83	48	30	44
13.00	83	48	30	44	83	48	30	44
14.00	83	49	30	43	83	48	30	44
15.00	84	50	30	43	83	49	30	43
16.00	84	50	31	44	83	49	30	44
17.00	84	50	30	44	83	49	30	44
18.00	83	50	30	44	83	49	30	44

jam	11/23/22023				11/24/22023			
	In asam	Out asam	In air	Out air	In asam	Out asam	In air	Out air
07.00	85	50	29	44	85	50	30	45
08.00	85	50	29	44	85	50	30	45
09.00	85	49	30	44	85	50	30	45
10.00	85	49	30	43	85	50	30	44
11.00	86	49	30	44	86	50	30	45
12.00	86	49	30	44	86	51	30	46
13.00	86	48	30	43	86	51	30	46
14.00	86	48	31	43	86	51	30	45
15.00	87	48	31	43	80	51	30	46
16.00	87	49	31	45	78	50	30	45
17.00	87	49	31	45	79	50	30	45
18.00	87	49	31	45	78	50	30	45

jam	11/25/22023			
	In asam	Out asam	in air	out air
07.00	84	50	29	44
08.00	84	50	29	44
09.00	85	50	29	44
10.00	85	51	30	45
11.00	85	51	30	45
12.00	85	51	30	45
13.00	86	51	30	45
14.00	86	51	30	44
15.00	86	50	30	44
16.00	86	50	30	45
17.00	86	49	30	45
18.00	86	49	30	45

Lampiran 3 data laju kapasitas

panas

		华越镍钴（印尼）有限公司			
11	804-EX-n02	Tangki pendingin asam sulfat ke Tangki penyimpanan 一吸酸冷器	Tipe shell dan tube horizontal, area pertukaran panas: 卧式管壳式, 换热面积: 370m ² , suhu panas 热温: 90/50°C, suhu dingin 冷温: 25/45°C, laju kapasitas panas aliran asam 酸热容流量: 295,94w/°C, laju kapasitas panas aliran air 水热容流量: 347,93w/°C	3	



LEMBAR REVISI JUDUL TUGAS AKHIR

Nama : M Ruslan Syaharuddin

NIM : 34221017

Catatan Daftar Revisi Penguji :

No.	Nama	Uraian	Tanda Tangan
1	Nur Rahmah H. Anwar, ST.MT	+ Gambar 2.1 : Masih perlu diperjelas! + Perbaiki teori perpindahan panasnya!	 25/08/24
2	Sukma Abrari, ST.MT	+ Bab IV : Formatnya perlu diperbaiki + Tabel 4.1 & Tabel 4.2 tidak "match" dengan tabel yg ada dilampiran. + Laju kapasitas kalor ??? + Mengapa Ch & Cc -nya sama pada hal 38 ??? + Perbaiki penulisan angka di kesimpulan! + Hal 57 ; perbaiki kekrangannya.	27/8/24 
4	Apollo, ST. MEng	+ Ch & Cc tidak boleh sama + Ch & Cc perlu ^{suber} data valid dilampiran + Parameter lain lainnya?	29/8/24 
5	Prof. A.M. Shiddiq Y, ST. M.Eng.Sc., Ph.D	+ kesimpulan 1 ; Satuan "Watt" ? +	28/08/24 

Makassar, 12 Agustus 2024

Ketua Ujian Sidang,



Prof. A.M. Shiddiq Yunus, S.T., M.Eng.Sc., Ph.D.
NIP 197808042001121001