

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur saya panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat dan rahmat-Nya, Laporan tugas akhir dengan judul “PERANCANGAN *HEAT EXCHANGER* GUNA MEMANFAATKAN PANAS PADA CEROBONG SEBAGAI PEMANAS AWAL AIR PADA PT CIPTA HARUM LESTAR” dapat diselesaikan dengan baik dan tepat pada waktunya.

Laporan tugas akhir ini disusun berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dari Agustus 2017 hingga Januari 2018. Tugas akhir merupakan persyaratan terakhir bagi mahasiswa yang wajib ditempuh sesuai dengan kurikulum Program Studi Teknik Industri, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Pelita Harapan. Skripsi ini juga bermanfaat bagi penulis untuk menerapkan pengetahuan yang telah didapat dan memperoleh pengalaman baru yang tidak dapat diperoleh dari perkuliahan.

Dalam penyusunan laporan tugas akhir ini, penulis mendapatkan dukungan dari banyak pihak. Oleh karena itu, saya mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Eric Jobiliong selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
2. Bapak Laurence selaku Direktur Fakultas Sains dan Teknologi
3. Bapak Laurence selaku Ketua Program Studi Teknik Industri yang telah membantu perkuliahan saya
4. Bapak Eric Jobiliong selaku pembimbing tugas akhir yang senantiasa memberikan bimbingan, mengarahkan, dan mendukung saya dalam pengerjaan laporan

5. Bapak Anthony Riman selaku co-pembimbing tugas akhir yang memberikan saran-saran kepada saya dalam pengerjaan laporan
6. Keluarga yang telah mendukung dalam mengerjakan laporan ini dan memberikan bantuan secara moral maupun materiil.
7. Ibu Priskila Ch. R, sebagai koordinator tugas akhir yang selalu mengingatkan dan memperhatikan penyelesaian dari tugas akhir.
8. Dosen – dosen Teknik Industri Universitas Pelita Harapan atas saran dan penjelasan dalam proses pembuatan laporan tugas akhir ini.
9. Bapak Li Gwan Tian sebagai Direktur Utama PT Cipta Harum Lestari yang memberikan kesempatan untuk dapat melakukan penelitian diperusahaan.
10. Sherly Irawati, Cindy Irawati dan Mateus Andra Gunawan yang memberikan bantuan saran dan dukungan dalam penyelesaian penulisan laporan.
11. Hendro Harjono, Jeremy Wirawan, Jordan Widjaja, Steven Wijaya, dan teman-teman Teknik Industri UPH angkatan 2014 yang membantu memberikan dukungan dan masukkan kepada penulis.
12. Jordan Gautama dan Dessy Kumalasari, sebagai partner kunjungan pabrik bersama.
13. Pihak lain yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu atas masukkan dan dukungan yang diberikan.

Akhir kata, penulis menyadari bahwa laporan tugas akhir ini masih sangat jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, penulis sangat terbuka akan kritik dan saran

dari pembaca yang dapat membantu membuat laporan tugas akhir ini menjadi lebih baik lagi. Semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi para pembaca.

Tangerang, 31 Januari 2018

Jordan Alexander



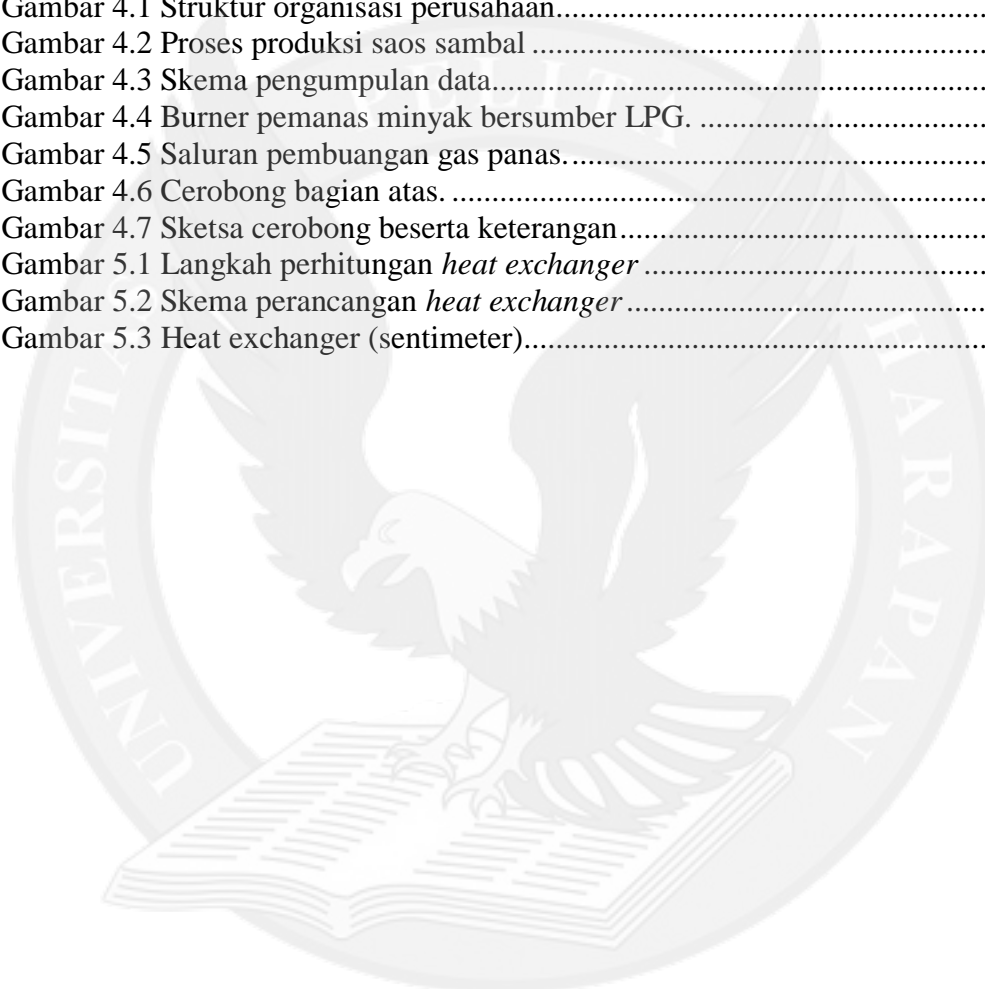
DAFTAR ISI

| | halaman |
|--|---------|
| HALAMAN JUDUL | |
| PERNYATAAN KEASLIAN KARYA TUGAS AKHIR | |
| PERSETUJUAN DOSEN PEMBIMBING TUGAS AKHIR | |
| PERSETUJUAN TIM PENGUJI TUGAS AKHIR | |
| ABSTRAK..... | vi |
| ABSTRACT..... | vii |
| KATA PENGANTAR..... | viii |
| DAFTAR ISI..... | xi |
| DAFTAR GAMBAR..... | xiii |
| DAFTAR TABEL..... | xiv |
| DAFTAR ISTILAH..... | xv |
| DAFTAR RUMUS..... | xvi |
| DAFTAR LAMPIRAN..... | xvii |
| | |
| BAB I PENDAHULUAN | |
| 1.1 Latar Belakang..... | 1 |
| 1.2 Pokok Permasalahan..... | 2 |
| 1.3 Tujuan Penelitian..... | 3 |
| 1.4 Pembatasan Masalah..... | 3 |
| 1.5 Sistematika Penulisan Laporan..... | 3 |
| | |
| BAB II LANDASAN TEORI | |
| 2.1 Keseimbangan Energi..... | 6 |
| 2.2 <i>Flow Rate</i> | 7 |
| 2.3 Perambatan Panas..... | 8 |
| 2.4 Konveksi Alamiyah dan Paksaan..... | 11 |
| 2.5 Aliran Laminar dan Turbulen..... | 12 |
| 2.6 <i>Heat exchanger</i> | 13 |
| 2.6.1 Grashof Number..... | 16 |
| 2.6.2 Rayleigh Number..... | 17 |
| 2.6.3 Prandtl Number..... | 18 |
| 2.6.4 Reynold Number..... | 18 |
| 2.6.5 Nusselt Number..... | 20 |
| 2.6.6 Koefisien perpindahan panas secara konveksi (h)..... | 21 |
| 2.7 Overall heat transfer Coefficient of a <i>heat exchanger</i> | 21 |
| | |
| BAB III METODE PENELITIAN | |
| 3.1 Penelitian Pendahuluan..... | 24 |
| 3.2 Perumusan Masalah..... | 24 |
| 3.3 Tujuan Penelitian..... | 24 |
| 3.4 Pembatasan Masalah..... | 24 |

| | | |
|---|--|----|
| 3.5 | Kajian Pustaka | 25 |
| 3.6 | Pengumpulan Data..... | 25 |
| 3.7 | Pengolahan Data dan Perancangan <i>Heat exchanger</i> | 25 |
| 3.8 | Pembahasan | 26 |
| 3.9 | Kesimpulan dan Saran | 26 |
| BAB IV PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA | | |
| 4.1 | Data Umum Perusahaan..... | 29 |
| 4.1.1 | Sejarah Perusahaan..... | 29 |
| 4.1.2 | Struktur Organisasi..... | 30 |
| 4.1.3 | Proses Produksi | 32 |
| 4.2 | Pengumpulan Data <i>Heat Exchanger</i> | 34 |
| 4.3 | Pengolahan Data | 43 |
| BAB V PERANCANGAN DAN PEMBAHASAN | | |
| 5.1 | Tahap perhitungan rancangan <i>heat exchanger</i> | 49 |
| 5.1.1 | Perhitungan <i>Energy Balance</i> | 55 |
| 5.1.2 | Nilai koefisien fluida..... | 57 |
| 5.1.2.1 | Penentuan jenis aliran fluida | 58 |
| 5.1.2.2 | Koefisien perpindahan panas secara konveksi (h) | 60 |
| 5.1.3 | Perhitungan <i>Heat loss</i> | 63 |
| 5.1.4 | Perhitungan mean temperature difference | 67 |
| 5.1.5 | <i>Overall heat transfer coefficient (U)</i> | 68 |
| 5.1.6 | Perhitungan area, panjang dan lilitan dari <i>heat exchanger</i> | 69 |
| 5.2 | Gambar Perancangan | 71 |
| 5.3 | Analisis Penggunaan <i>Heat Exchanger</i> | 73 |
| BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN | | |
| 6.1 | Kesimpulan | 76 |
| 6.2 | Saran | 77 |
| DAFTAR PUSTAKA | | |
| LAMPIRAN | | |

DAFTAR GAMBAR

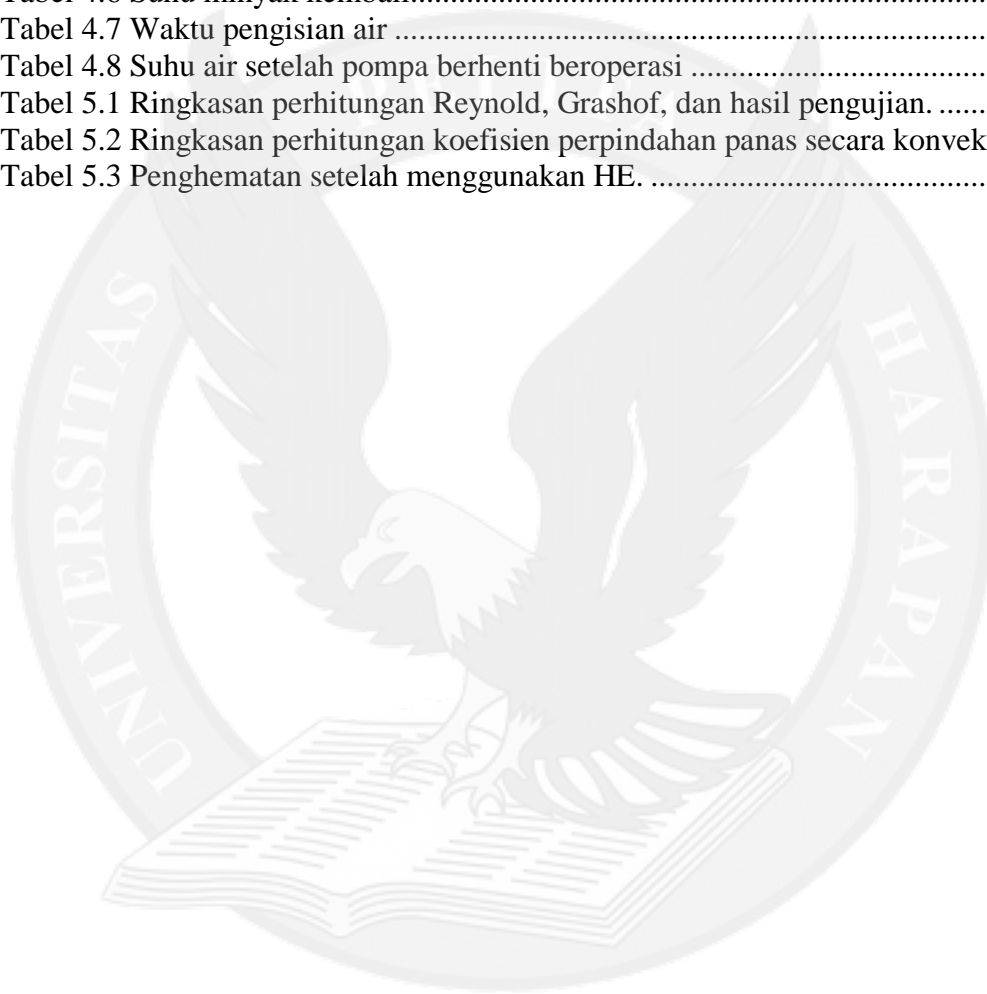
| | halaman |
|--|---------|
| Gambar 2.1 Perpindahan panas aliran..... | 11 |
| Gambar 2.2 Jenis Aliran Fluida | 13 |
| Gambar 2.3 Variasi temperatur parallel flow (a) dan counter flow (b) | 14 |
| Gambar 3.1 Diagram Metode Penelitian..... | 27 |
| Gambar 4.1 Struktur organisasi perusahaan..... | 30 |
| Gambar 4.2 Proses produksi saos sambal | 32 |
| Gambar 4.3 Skema pengumpulan data..... | 35 |
| Gambar 4.4 Burner pemanas minyak bersumber LPG. | 37 |
| Gambar 4.5 Saluran pembuangan gas panas..... | 37 |
| Gambar 4.6 Cerobong bagian atas. | 38 |
| Gambar 4.7 Sketsa cerobong beserta keterangan..... | 46 |
| Gambar 5.1 Langkah perhitungan <i>heat exchanger</i> | 50 |
| Gambar 5.2 Skema perancangan <i>heat exchanger</i> | 71 |
| Gambar 5.3 Heat exchanger (sentimeter)..... | 72 |



DAFTAR TABEL

halaman

| | |
|---|----|
| Tabel 4.1 Waktu pemanasan air yang dibutuhkan. | 35 |
| Tabel 4.2 Temperatur pembuangan cerobong bagian atas..... | 39 |
| Tabel 4.3 Temperatur pembuangan cerobong bagian bawah..... | 39 |
| Tabel 4.4 Temperatur dinding cerobong luar bagian atas..... | 40 |
| Tabel 4.5 Temperatur dinding cerobong luar bagian bawah..... | 40 |
| Tabel 4.6 Suhu minyak kembali..... | 41 |
| Tabel 4.7 Waktu pengisian air | 42 |
| Tabel 4.8 Suhu air setelah pompa berhenti beroperasi | 42 |
| Tabel 5.1 Ringkasan perhitungan Reynold, Grashof, dan hasil pengujian. | 60 |
| Tabel 5.2 Ringkasan perhitungan koefisien perpindahan panas secara konveksi. 63 | |
| Tabel 5.3 Penghematan setelah menggunakan HE. | 75 |



DAFTAR ISTILAH

| | |
|--------------|--|
| k | Koefisien konduktivitas termal [$W/m.K$] |
| T_1 | Temperatur awal [K] / [$^{\circ}C$] |
| T_2 | Temperatur akhir [K] / [$^{\circ}C$] |
| L | Panjang karakteristik [m] |
| ΔT | Selisih temperatur [K] |
| h | Koefisien perpindahan panas konveksi [$W/m^2.K$] |
| T_s | Temperatur permukaan [K] / [$^{\circ}C$] |
| T_{∞} | Temperatur fluida [K] / [$^{\circ}C$] |
| β | Koefisien ekspansi termal [$1/K$] |
| Re | Bilangan Reynold [] |
| Pr | Bilangan Prantdl [] |
| Nu | Bilangan Nusselt [] |
| Gr | Bilangan Grashof [] |
| Ra | Bilangan Rayleigh [] |
| ρ | Massa jenis fluida [kg/m^3] |
| v | Kecepatan rata-rata fluida [m/s] |
| μ | Viskositas dinamis [$kg/s.m$] |
| ν | Viskositas kinematik [m^2/s] |
| g | Percepatan gravitasi [m/s^2] |
| D | Diameter pipa [m] |
| m | Massa [kg] |
| \dot{m} | debit aliran massa [$kg/menit$] |
| C_p | Panas Spesifik [$J/kg.K$] |
| Q | Energi panas [$Joule$] |
| V | Volume [m^3] |

DAFTAR RUMUS

| | halaman |
|--|---------|
| Persamaan 2.1 Keseimbangan Energi | 6 |
| Persamaan 2.2 Internal Energi Spesifik | 6 |
| Persamaan 2.3 Internal Energi Absolut..... | 6 |
| Persamaan 2.4 Efisiensi | 7 |
| Persamaan 2.5 Debit Aliran | 7 |
| Persamaan 2.6 Bernoulli | 8 |
| Persamaan 2.7 Perambatan Panas Konduksi..... | 9 |
| Persamaan 2.8 Perambatan Panas Konduksi pada Silinder | 9 |
| Persamaan 2.9 Perambatan Panas Konveksi..... | 10 |
| Persamaan 2.10 Pengujian Aliran Alamiah | 12 |
| Persamaan 2.11 Perbedaan Suhu Masuk Aliran Paralel | 15 |
| Persamaan 2.12 Perbedaan Suhu Keluar Aliran Paralel | 15 |
| Persamaan 2.13 Perbedaan Suhu Masuk Aliran <i>Counter</i> | 15 |
| Persamaan 2.14 Perbedaan Suhu Keluar Aliran <i>Counter</i> | 15 |
| Persamaan 2.15 <i>Log Mean Temperature Difference</i> | 15 |
| Persamaan 2.16 Grashof Number Linear | 16 |
| Persamaan 2.17 Koefisien Ekspansi Volume..... | 16 |
| Persamaan 2.18 Grashof Number Lingkaran | 17 |
| Persamaan 2.19 Pengujian Perhitungan Grashof | 17 |
| Persamaan 2.20 Rayleigh Number | 17 |
| Persamaan 2.21 Prandtl Number | 19 |
| Persamaan 2.22 Reynold Number dengan Viskositas Dinamis | 19 |
| Persamaan 2.23 Reynold Number dengan Viskositas Kinematik | 18 |
| Persamaan 2.24 Nusselt Number Alamiah $Ra < 10^9$ | 20 |
| Persamaan 2.25 Nusselt Number Alamiah $Ra > 10^9$ | 20 |
| Persamaan 2.26 Nusselt Number Untuk Aliran Paksaan | 20 |
| Persamaan 2.27 Koefisien Perpindahan Panas Permukaan Datar..... | 21 |
| Persamaan 2.28 Koefisien Perpindahan Panas Silinder..... | 21 |
| Persamaan 2.29 <i>Heat Transfer Rate</i> | 22 |
| Persamaan 2.30 <i>Area Overall Heat Transfer Coeffisien</i> | 22 |
| Persamaan 2.31 <i>Overall Heat Transfer Coeffisien</i> | 22 |
| Persamaan 2.32 <i>Overall Heat Transfer Coeffisien</i> pada Silinder | 22 |

DAFTAR LAMPIRAN

halaman

Lampiran A

| | |
|---|-----|
| Tabel Spesifikasi Gas Propane (Chapman 1984)..... | A-1 |
| Tabel Spesifikasi Minyak (Chapman 1984)..... | A-2 |
| Tabel Spesifikasi Air (John H. Lienhard 1986) | A-3 |
| Tabel Spesifikasi Udara (John H. Lienhard 1986)..... | A-4 |
| Tabel Spesifikasi Bahan (Cengel and Boles 2002) | A-5 |

Lampiran B

| | |
|--|-----|
| Perhitungan <i>heat loss</i> pada cerobong sebelum <i>heat exchanger</i> | B-1 |
| Perhitungan Pengujian Jenis Aliran | B-2 |
| Perhitungan Koefisien perpindahan panas secara konveksi..... | B-3 |

