

RANCANG BANGUN APLIKASI TERMAL UNTUK SISTEM REFRIGERASI KOMPRESI UAP BERBASIS WEB

RATU YANRA DEWI



**PROGRAM STUDI TEKNIK PERTANIAN DAN BIOSISTEM
SEKOLAH PASCASARJANA
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2025**



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

**PERNYATAAN MENGENAI TESIS DAN
SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA**

Dengan ini saya menyatakan bahwa tesis dengan judul “Rancang Bangun Aplikasi Termal Untuk Sistem Refrigerasi Kompresi Uap Berbasis Web” adalah karya saya dengan arahan dari dosen pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka di bagian akhir tesis ini.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya kepada Institut Pertanian Bogor.

Bogor, Desember Tahun 2025

Ratu Yanra Dewi
F1501231012

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



RINGKASAN

RATU YANRA DEWI. Rancang Bangun Aplikasi Termal Untuk Sistem Refrigerasi Kompresi Uap Berbasis Web. Dibimbing oleh MUHAMAD YULIANTO dan MOHAMAD SOLAHUDIN.

Pertumbuhan industri global, khususnya pada sektor pangan, telah meningkatkan kebutuhan akan fasilitas *cold storage* untuk menjaga kualitas bahan pangan selama penyimpanan. Namun, proses perancangan dan pembuatan prototipe *cold storage* memerlukan waktu yang cukup lama serta biaya yang relatif tinggi. Untuk mengatasi tantangan tersebut, konsep *digital twin technology* diadopsi guna meningkatkan efisiensi dalam proses perancangan dan pengujian sistem refrigerasi melalui simulasi berbasis web.

Dalam penelitian ini, aplikasi termal berbasis web bernama THE POCI dikembangkan dengan menggunakan metode *System Development Life Cycle* (SDLC). Aplikasi ini dirancang untuk mengevaluasi performa *cold storage* berdasarkan tiga parameter utama, yaitu kapasitas pendinginan, konsumsi daya listrik, dan *Coefficient of Performance* (COP). Selain itu, THE POCI juga dilengkapi dengan fitur estimasi emisi menggunakan pendekatan *Life Cycle Climate Performance* (LCCP). Setelah proses pengembangan selesai, seluruh fungsi aplikasi diverifikasi untuk memastikan setiap fitur bekerja sesuai rancangan. Selanjutnya, validasi model dilakukan menggunakan metode MAPE untuk menilai akurasi simulasi.

Studi eksperimental dilakukan pada sistem *cold storage* yang sudah ada untuk mengevaluasi kondisi operasionalnya ketika menggunakan refrigeran R32 pada berbagai tekanan hisap, yaitu 1,3 bar, 1,8 bar, 2,3 bar, dan 2,8 bar. Validasi aplikasi dilakukan dengan membandingkan hasil simulasi dengan data eksperimen. Hasil validasi menunjukkan tingkat kesalahan sebesar 17,78% untuk kapasitas pendinginan, 11,00% untuk daya kompresor, dan 14,30% untuk COP. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem yang beroperasi pada tekanan 1,3 bar menghasilkan COP tertinggi pada eksperimen maupun simulasi dengan nilai berturut-turut 6,46 dan 6,92, serta emisi terendah sebesar 31.598 kgCO_{2e}. Simulasi juga dilakukan dengan berbagai jenis refrigeran, termasuk hidrokarbon, hidrofluorokarbon, azeotrop, dan refrigeran alami untuk membandingkan performa sistem.

Penerimaan pengguna terhadap THE POCI dievaluasi menggunakan metode *System Usability Scale* (SUS) yang melibatkan 47 responden. Skor SUS sebesar 64,41 termasuk dalam *Grade C*, kategori marginal. Hal ini menunjukkan bahwa aplikasi cukup mudah digunakan dan memberikan pengalaman pengguna yang tergolong “OK”. Nilai NPS berada pada kategori pasif, yang mengindikasikan bahwa pengguna umumnya puas tetapi belum memiliki kecenderungan kuat untuk merekomendasikan THE POCI.

Kata kunci: Aplikasi Berbasis Web, *Digital twin technology*, *Life Cycle Climate Performance*, THE POCI, Siklus Refrigerasi Kompresi Uap.

SUMMARY

RATU YANRA DEWI. Development of a Thermal Application for a Web-Based Vapor Compression Refrigeration System. Supervised by MUHAMAD YULIANTO and MOHAMAD SOLAHUDIN.

The growth of global industries, particularly in the food sector, has increased the demand for cold storage facilities to preserve food quality during storage. However, the design and prototyping of cold storage systems require considerable time and relatively high costs. To address these challenges, the concept of digital twin technology is adopted to enhance the efficiency of designing and testing refrigeration systems through web-based simulations.

In this study, a web-based thermal application called THE POCI was developed using the System Development Life Cycle (SDLC) method. The application is designed to evaluate cold storage performance based on three key parameters: cooling capacity, electrical power consumption, and the Coefficient of Performance (COP). Additionally, THE POCI is equipped with an emission estimation feature employing the Life Cycle Climate Performance (LCCP) approach. After the development phase was completed, all application functions were verified to ensure that each feature operated as intended. Model validation was then conducted using the MAPE method to assess simulation accuracy.

An experimental study was performed on an existing cold storage system to evaluate its operating conditions when using R32 refrigerant at various suction pressures: 1,3 bar, 1,8 bar, 2,3 bar, and 2,8 bar. Application validation was carried out by comparing simulation results with experimental data. The validation results showed error levels of 17,78% for cooling capacity, 11,00% for compressor power, and 14,30% for COP. The findings indicated that the system operating at 1.3 bar achieved the highest COP in both experiments and simulations, with values of 6,46 and 6,92, respectively, along with the lowest emissions of 31.598 kgCO₂e. Additional simulations were conducted using various types of refrigerants, including hydrocarbons, hydrofluorocarbons, azeotropes, and natural refrigerants, to compare system performance.

User acceptance of THE POCI was evaluated using the System Usability Scale (SUS) with 47 respondents. The SUS score of 64,41 corresponds to Grade C, categorized as marginal. This indicates that the application is reasonably easy to use and provides an “OK” user experience. The NPS score falls within the passive category, suggesting that users are generally satisfied but not strongly inclined to recommend THE POCI.

Keywords: Vapor Compression Refrigeration Cycle, Digital twin technology, Application, Life Cycle Climate Performance.



- Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apa pun tanpa izin IPB University.

© Hak Cipta milik IPB, tahun 2025
Hak Cipta dilindungi Undang-Undang

Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan atau menyebutkan sumbernya. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik, atau tinjauan suatu masalah, dan pengutipan tersebut tidak merugikan kepentingan IPB.

Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apa pun tanpa izin IPB.

**RANCANG BANGUN APLIKASI TERMAL UNTUK SISTEM
REFRIGERASI KOMPRESI UAP BERBASIS WEB**

RATU YANRA DEWI

Tesis
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Magister Teknik pada
Program Studi Teknik Pertanian dan Biosistem

**TEKNIK PERTANIAN BIOSISTEM
SEKOLAH PASCASARJANA
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2025**



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Tim Penguji pada ujian Tesis:

1. Dr. Ir. Dyah Wulandani, M.Si

Judul Tesis : Rancang Bangun Aplikasi Termal Untuk Sistem
RefrigerasiKompresi Uap Berbasis Web

Nama : Ratu Yanra Dewi
NIM : F1501231012

Disetujui oleh

Pembimbing 1:
Dr. Muhamad Yulianto S.T., M.T.

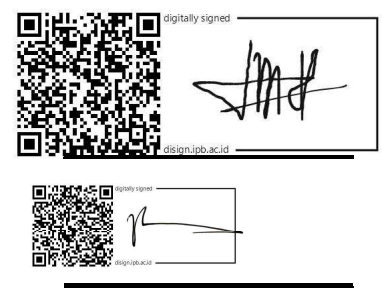
Pembimbing 2:
Dr. Ir. Mohamad Solahudin M.Si



Diketahui oleh

Ketua Program Studi:
Dr. Ir. I Dewa Made Subrata, M.Agr.
NIP 19620803 198703 1002

Dekan Fakultas Teknologi Pertanian:
Prof. Dr. Ir. Slamet Budjianto, M.Agr.
NIP 19610502 198603 1 002



Tanggal Ujian: 04 Desember 2025

Tanggal Lulus:

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah subhanaahu wa ta'ala atas segala limpahan karuniaNya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian dan penyusunan tesis yang berjudul “Rancang Bangun Aplikasi Thermal Untuk Sistem Refrigerasi Kompresi Uap Berbasis Web”. Penelitian ini dilaksanakan sejak bulan Juli 2024 hingga Oktober 2025 sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan program studi Magister pada Program Pascasarjana Teknik Pertanian dan Biosistem.

Atas rasa syukur yang mendalam, penulis menyadari bahwa penyusunan dan penyelesaian tesis ini tidak akan berjalan dengan baik tanpa bantuan, bimbingan, dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada semua pihak yang telah berperan dalam proses penelitian hingga penyusunan tesis ini, khususnya kepada:

1. Bapak Dr. Muhamad Yulianto, S.T., M.T. selaku Ketua Komisi Pembimbing, yang dengan penuh kesabaran dan ketulusan telah membimbing penulis dalam proses pembelajaran selama penelitian, serta senantiasa memotivasi dan memberikan kesempatan bagi penulis untuk berkembang dan menyelesaikan penelitian ini dengan baik.
2. Bapak Dr. Ir. Mohamad Solahudin, M.Si., selaku Anggota Komisi Pembimbing, yang dengan sabar dan penuh dedikasi telah memberikan arahan, bimbingan, motivasi, serta masukan yang sangat berharga di setiap tahap penelitian dan penyusunan tesis ini, sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian dengan baik.
3. Bapak Dr. Ir. I Dewa Made Subrata, M.Agr., selaku Ketua Program Studi Teknik Pertanian dan Biosistem IPB, yang dengan penuh dedikasi mengawasi perkembangan studi serta membimbing penulis sejak awal pendidikan, sehingga penulis dapat menjalankan seluruh proses studi dengan baik dan lancar.
4. Ibu Dr. Ir. Dyah Wulandani, M.Si., selaku Dosen Penguji Tesis yang dengan perhatian memberikan masukan berharga, meluangkan waktu untuk berdiskusi dan memberikan arahan yang sangat membantu dalam proses pengembangan akademik dan penelitian penulis.
5. Bapak Dr. Ir. Edy Hartulistiyo, M.Sc. Agr. selaku Ketua Departemen Teknik Mesin dan Biosistem IPB dan juga selaku dosen penguji pada kolokium.
6. Ibu Dr. Lenny Saulia, S.T.P., M.Si., selaku moderator pada kolokium, serta Ibu Prof. Dr. Ir. Tineke Mandang, M.S. selaku dosen seminar atas arahan, ilmu dan bimbingan yang diberikan.
7. Seluruh pihak yang telah membantu dalam proses penelitian ini: Laboratorium Refrigerasi, Laboratorium Teknik Energi Terbarukan, Direktorat Pendidikan Tinggi, Riset, dan Teknologi Indonesia, melalui hibah BIMA–PFR dengan nomor kontrak 23050/IT3.D10./PT.01.03/P/B/2025, atas dukungan pendanaan yang memungkinkan penelitian ini dapat terlaksana dengan baik, dan Seluruh Staff Departemen Teknik Mesin dan Biosistem
8. Kepada suami penulis, Galih FP yang dengan keikhlasannya mengizinkan penulis untuk melanjutkan studi serta membantu segala proses studi penulis.
9. Kepada keluarga penulis, Terkhusus kedua orang tua penulis yaitu Ayah Yayan Rusyana dan Ibu Rahmi A. Siregar yang dengan segala keikhlasan dan

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

dukungan penuh membantu penulis dalam menyelesaikan proses studi. Tidak lupa kepada adik-adik penulis, Adinda Yanra KD dan Aulia Yanra D yang setiap saat bersedia menemani dan membantu penulis untuk menjalankan proses studi hingga selesai.

10. Kepada Rekan-rekan penelitian dan teman satu laboratorium refrigerasi terkhusus Offianda Kurniawan, Fikri Fauzi Haykal, Wili Sumantri, Naurah Alvaretta, Hafidz Catur, Bapak Suhengki, M. Arief Yahdi, Haris Mawardi, dan Lalu Muh Fathul Aziz Al Azhari yang telah memberikan bantuan serta dukungan, berbagi waktu dan ilmu selama proses penelitian berlangsung.
11. Rekan-rekan penelitian pada laboratorium Teknik Bioinformatika, Angga Firmansyah, Arif Rifan, Duanti Milta Duari, dan Jasmine Tasmara atas bantuannya pada proses belajar hingga proses pengembangan THE POCl.
12. Rekan-rekan Laboratorium Teknik Energi Terbarukan, Putri Asyrafidini O, Fauzi, Karina Rahmadani yang dengan sedia menemani penulis dalam proses pengambilan data dan pengolahan data.
13. Rekan-rekan seperjuangan Program Magister Bioteknologi 2024, Adinda Yanra KD, Mohammad Yusuf, Muhammad Yusuf, Sam Muehl, Nasya, atas kesediaannya dalam membantu penulis dalam proses administrasi studi hingga persiapan ujian.
14. Rekan-rekan seperjuangan Program Magister Teknik Pertanian dan Biosistem, atas semangat, kebersamaan, dan sikap saling bantu sehingga menjadikan perjalanan studi ini terasa lebih mudah dan sangat bermakna.

Penulis menyadari bahwa penelitian dan tesis ini masih memiliki keterbatasan. Oleh karena itu, penulis sangat terbuka terhadap kritik dan saran yang membangun demi penyempurnaan di masa mendatang. Semoga karya ilmiah ini dapat memberikan manfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi, khususnya dalam bidang refrigerasi dan sistem termal.

Bogor, Desember 2025

Ratu Yanra Dewi



DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR LAMPIRAN	xi
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	3
1.4 Manfaat	3
1.5 Ruang Lingkup	3
TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Sistem Refrigerasi Kompresi Uap	4
2.2 Fluida Kerja	7
2.3 <i>Cold storage</i>	9
2.4 <i>Life Cycle Climate Performance (LCCP)</i>	11
2.5 Refprop	12
2.6 <i>Digital twin technology</i>	13
2.7 Simulasi Berbasis Web	13
METODE	15
3.1 Lokasi dan Waktu Penelitian	15
3.2 Alat dan Bahan Penelitian	15
3.3 Prosedur Penelitian	16
3.4 Eksperimental <i>Setup</i>	16
3.5 Investigasi Sistem	18
3.6 Analisis Sistem	18
3.7 Desain Sistem	26
3.8 Implementasi Sistem	26
3.9 Pengujian Sistem	26
3.10 Pemeliharaan Aplikasi	32
HASIL DAN PEMBAHASAN	33
4.1 Investigasi Sistem	33
4.2 Analisis Sistem	33
4.3 Desain Sistem	34
4.4 Implementasi	36
4.5 Hasil Pengujian Verifikasi Sistem	45
4.6 Hasil Eksperimen	46
4.7 Hasil Pengujian Validasi Sistem	54
4.8 Validasi P-h Diagram	57
4.9 Simulasi Emisi	58
4.10 Simulasi Uji Performa Pada Variasi Refrigeran	59
4.11 Pengujian SUS	60
SIMPULAN DAN SARAN	62
5.1 Simpulan	62

Hak cipta milik IPB University

IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

5.2	Saran	62
	DAFTAR PUSTAKA	63
	LAMPIRAN	69
	RIWAYAT HIDUP	87





DAFTAR TABEL

1	Perbandingan Karakteristik Refrigeran	8
2	Konduktivitas Termal Material	10
3	Daftar Perangkat Pembangunan Aplikasi	15
4	Spesifikasi Daftar Alat Eksperimen	15
5	Rentang Penilaian Akurasi Aplikasi	27
6	Parameter performa <i>cold storage</i>	28
7	Pengujian Ketidakpastian Instrumen	29
8	Ketidakpastian Parameter hasil Pengukuran	29
9	Ketidakpastian Parameter performa	29
10	Kategori Penilaian Skala <i>Likert</i>	30
11	Daftar Pertanyaan Metode SUS	31
12	Interpretasi Skor SUS	31
13	Daftar responden pengujian THE POCI	33
14	Hasil pengukuran suhu dan tekanan sistem pada variasi tekanan refrigeran berbeda*	52
15	Eksperimen performa sistem	53
16	Rasio Tekanan pada Setiap Variasi Tekanan	54
17	Parameter input simulasi	55
18	Hasil uji performa <i>Cold storage</i>	55
19	Hasil perolehan MAPE	57

DAFTAR GAMBAR

20	Skematik diagram sistem kompresi uap (Moran <i>et al.</i> 2018)	4
21	Diagram Siklus Refrigerasi Kompresi Uap Ideal (Cengel 2019)	5
22	Beban panas yang melewati dinding secara konveksi dan konduksi (Holman 1999)	9
23	Prosedur penelitian	16
24	Eksperimental <i>Setup</i> Sistem Refrigerasi Kompresi Uap: (a) Diagram Skematik <i>Cold storage</i> , (b) Gambar Fisik <i>Cold storage</i>	17
25	Alur Simulasi Aplikasi THE POCI	30
26	Representasi Visual Tingkat Penerimaan Pengguna (Weichbroth dan Giedrowicz 2024)	31
27	<i>Use case diagram</i> THE POCI	34
28	Alur kerja fungsi utama THE POCI untuk fitur <i>Cold storage</i>	34
29	Alur kerja modul THE POCI	35
30	Halaman Login THE POCI	36
31	Tampilan Menu Utama THE POCI	37
32	Tampilan Halaman Refrigerasi Sederhana	37
33	Halaman Parameter Input Modul Komponen - Kompresor	38
34	Halaman Parameter Input Modul Komponen - Evaporator	38
35	Halaman Menu Perancangan	39
36	Halaman Awal <i>External Cooling Load</i>	39

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

37	Halaman Parameter Input Karakteristik Dinding <i>Cold storage</i>	39
38	Halaman Parameter Input <i>Internal Cooling Load</i>	40
39	Halaman Parameter Input <i>Infiltration Cooling Load</i>	40
40	Halaman Total <i>Cooling Load</i>	40
41	Halaman Parameter Input Perancangan Kinerja <i>Cold storage</i>	41
42	Tampilan Hasil Simulasi Kinerja <i>Cold storage</i> yang Dirancang	41
43	Halaman Parameter Input LCCP	42
44	Struktur Basis Data THE POCI	42
45	Alur Perhitungan Model untuk Modul 1	43
46	Alur Perhitungan Model untuk Modul 2	44
47	Alur Perhitungan Beban Pendingin	44
48	Alur Ineteraksi Program THE POCI	45
49	Proses pengisian R32 dengan <i>mass charge</i> 206 gram	46
50	Proses pengaturan variasi tekanan isap menggunakan <i>manifold gauge</i>	46
51	Profil tekanan kompresor: (a) inlet, (b) outlet	47
52	Profil suhu kompresor: (a) inlet, (b) outlet	47
53	Profil suhu kondenser: (a) inlet, (b) outlet	48
54	Profil Tekanan Kondenser: (a) inlet, (b) outlet	48
55	Profil Tekanan Ekspansi: (a) inlet, (b) outlet	49
56	Profil Suhu Katup Ekspansi: (a) inlet, (b) outlet	49
57	Profil Suhu Evaporator: (a) inlet, (b) outlet	49
58	Profil tekanan evaporator (a) inlet, (b) outlet	50
59	Suhu evaporasi yang dihasilkan sistem	51
60	Profil daya listrik (a), arus listrik (b)	51
61	Diagram P-h hasil pengukuran <i>Cold storage</i> pada variasi tekanan	52
62	Hasil pengukuran beban pendinginan pada aplikasi THE POCI	55
63	Grafik perbandingan error pada hasil simulasi: (a) Laju aliran masa, (b) Kapasitas pendingin, (c) Kerja kompresi, (d) COP	56
64	P-h Diagram Perbandingan Siklus Eksperimen dan Simulasi	58
65	Evaluasi emisi <i>Cold storage</i> pada variasi tekanan	59
66	Perolehan nilai COP pada simulasi variasi refrigeran	60
67	Tingkat penilaian pengguna berdasarkan skor SUS THE POCI	61
68	Skor SUS pada Setiap Pertanyaan	61

DAFTAR LAMPIRAN

69	Lampiran 1 Instrumen SUS	69
70	Lampiran 2 <i>Entity Relationship Diagram</i> untuk <i>Database</i> aplikasi THE POCI	70
71	Lampiran 3 Penulisan Script Aplikasi THE POCI	71
72	Lampiran 4 Hasil Pengujian Black Box	74
73	Lampiran 5 Pengolahan Data Pengukuran	76
74	Lampiran 6 Parameter Validasi Modul Perancangan <i>Cold storage</i> dan Dokumentasi Validasi	80
75	Lampiran 7 Perbandingan hasil eksperimen dan simulasi	83
76	Lampiran 8 Parameter Pengujian Estimasi Emisi dengan LCCP	84
77	Lampiran 9 Data Responden SUS	86