



# **SIMULASI MESIN TERMAL BERBASIS *VISUAL BASIC* *APPLICATION* MICROSOFT EXCEL**

**NAURAH ALVARETTA**



**DEPARTEMEN TEKNIK MESIN DAN BIOSISTEM  
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN  
INSTITUT PERTANIAN BOGOR  
BOGOR  
2024**

- 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.



@Hak cipta milik IPB University

IPB University



IPB University  
— Bogor Indonesia —

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 SKRIPSI DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi dengan judul “Simulasi Mesin Termal Berbasis *Visual Basic Application* Microsoft Excel” 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 skripsi ini.

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

Bogor, Juni 2024

NAURAH ALVARETTA  
F1401201090

- 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.



## ABSTRAK

NAURAH ALVARETTA. Simulasi Mesin Termal *Visual Basic Application* Microsoft Excel. Dibimbing oleh Muhamad Yulianto dan Mohamad Solahudin.

Simulasi mesin termal merupakan salah satu metode dalam aplikasi *Digital Twin Technology*. *Digital twin technology* merupakan metode yang digunakan dalam pembuatan prototipe pada bidang teknik dengan menggabungkan dua metode yang mencakup pemodelan serta simulasi yang memungkinkan untuk merujinya mesin sebelum mesin tersebut dibuat secara fisik. Salah satu bentuk mesin termal adalah sistem refrigerasi kompresi uap. Simulasi sistem refrigerasi kompresi uap dirancang dengan parameter-parameter penting sebagai berikut beban internal, beban eksternal, dan beban infiltrasi. Saat ini, perangkat lunak yang sudah ada tidak menyediakan kalkulasi untuk sistem kontribusi  $CO_2$  ke lingkungan akibat pemakaian sistem pendingin tersebut. Padahal, saat ini dibutuhkan fitur simulasi emisi untuk mendukung program *net zero emission* pada tahun 2060. Perangkat lunak dalam penelitian ini dirancang menggunakan metode *System Development Life Cycle*. The Poci merupakan perangkat lunak simulasi mesin termal yang sebelumnya sudah dikembangkan oleh Tim Dosen Teknik Mesin dan Biosistem. Dalam pengembangannya, perangkat lunak The Poci dilakukan simulasi dan uji validitas dengan berbagai skenario serta variasi yang berbeda. Pengujian pada penelitian ini dilakukan dengan berbagai metode seperti *Blackbox*, MAPE, dan SUS. Hasil akhir pengujian didapatkan hasil “Berhasil” dengan metode *Blackbox*, MAPE sebesar 7% dan SUS sebesar 79,75. Dengan skor pengujian tersebut, aplikasi The Poci tergolong “Acceptable” dengan skor “Sangat Baik”.

Kata kunci: *cold storage*, mesin termal, simulasi, VBA

@Hak Cipta 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.

## ABSTRACT

NAURAH ALVARETTA. Thermal Machine Simulation based on *Visual Basic Application* Microsoft Excel. Supervised by Muhamad Yulianto and Mohamad Solahudin.

Thermal machine simulation is one of the methods in the application of Digital Twin Technology. Digital twin technology is a method used for prototyping in engineering by combining two methods that include modeling and simulation that allows for the testing of the machine before the machine is built physically. One form of thermal machine is a vapor compression refrigeration system. Simulation of vapor compression refrigeration system is designed with important parameters as internal load, external load, and infiltration load. Currently, the existing software does not provide calculations for the system of  $CO_2$  contribution to the environment due to the use of the refrigeration system. In fact, emission simulation features are currently needed to support the zero emission program in 2060. The software in this study was designed using System Development Life Cycle method. The Pociwas one of simulation software that developed by Lecturer Team of Mechanical Engineering and Biosystem. In its development, The Poci software was simulated and tested for validity with different scenarios and variations. This research was tested using various methods such as Blackbox, MAPE, and SUS. The final result of the *Blackbox* test was "Succeed", MAPE test was 7% and SUS was 79.75. With this test score, The Poci application is classified as "Acceptable" with a score of "Good".

keywords: cold storage, simulation, thermal engine, VBA

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 mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



@Hak cipta milik IPB University

IPB University



IPB University  
— Bogor Indonesia —

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.



# **SIMULASI MESIN TERMAL BERBASIS *VISUAL BASIC* APPLICATION MICROSOFT EXCEL**

**NAURAH ALVARETTA**

Skripsi  
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar  
Sarjana pada  
Program Studi Teknik Pertanian dan Biosistem

**DEPARTEMEN TEKNIK MESIN DAN BIOSISTEM  
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN  
INSTITUT PERTANIAN BOGOR  
BOGOR  
2024**

- 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.



**@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 Skripsi:

Dr. Ir. Mohamad Solahudin, M.Si

Dr. Ir. Edy Hartulistiyoso, M.Sc.Agr





@Hak cipta milik IPB University

IPB University



IPB University  
— Bogor Indonesia —

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.



Judul Skripsi : Simulasi Mesin Termal Berbasis *Visual Basic Application*  
*Microsoft Excel*

Nama : Naurah Alvaretta  
NIM : F1401201090

@Hak cipta milik IPB University

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. Edy Hartulistiyoso, M.Sc.Agr  
196304251989031001

---

Tanggal Ujian:  
(29 Mei 2024)

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 karunia-Nya sehingga karya ilmiah ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam penelitian yang dilaksanakan sejak bulan Januari sampai bulan Mei 2024 ini ialah skripsi, dengan judul “Simulasi Mesin Termal Berbasis *Visual Basic Application* Microsoft Excel”.

Terima kasih penulis ucapkan kepada para pembimbing, Dr. Muhamad Yulianto, S.T., M.T dan Dr.Ir. Mohamad Solahudin M.Si yang telah membimbing serta banyak memberi saran. Ucapan terima kasih juga kepada Lilis Sucahyo, S.Tp M.Si selaku moderator ujian skripsi, dan Dr. Ir. Edy Hartulistiyoso, M.Sc. Agr selaku dosen penguji. Di samping itu, penghargaan penulis sampaikan Pak Angga selaku Teknisi Laboratorium Energi Terbarukan yang telah membantu selama pengumpulan data. Ungkapan terima kasih juga disampaikan kepada orang tua, serta seluruh keluarga yang telah memberikan dukungan, doa, dan kasih sayangnya. Terima kasih pula kepada teman-teman yang telah memberikan dukungan dalam pengerjaan tugas akhir ini.

Semoga karya ilmiah ini bermanfaat bagi pihak yang membutuhkan dan bagi kemajuan ilmu pengetahuan.

Bogor, Juni 2024

*Naurah Alvaretta*



## DAFTAR ISI

ABSTRAK	ii
ABSTRACT	iii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	2
1.4 Manfaat	2
II TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1 Sistem Kompresi Uap	3
2.2 <i>Cold Storage</i>	5
2.3 Kinerja Sistem Kompresi Uap	5
2.4 <i>Life Cycle Climate Performance</i>	5
2.5 <i>System Development Life Cycle</i>	6
2.6 <i>Visual Basic Application</i>	6
2.7 REFPROP	6
III METODE	8
3.1 Waktu dan Tempat	8
3.2 Alat dan Bahan	8
3.3 Tahapan Penelitian	8
3.4 Matriks Penelitian	17
3.5 Analisis Data	18
IV HASIL DAN PEMBAHASAN	19
4.1 <i>System Development Life Cycle</i>	19
4.2 Validasi	29
4.3 Analisis performansi sistem refrigerasi dengan berbagai skenario	49
4.4 Analisis Emisi $CO_2$ Akibat Pemakaian Sistem Refrigerasi dengan berbagai skenario	51
4.5 Analisis Hasil Pengujian <i>System Usability Scale</i>	55
V SIMPULAN DAN SARAN	56
5.1 Simpulan	56
5.2 Saran	56
DAFTAR PUSTAKA	57
LAMPIRAN	59
RIWAYAT HIDUP	65

## DAFTAR TABEL

1. Skala evaluasi menggunakan MAPE	16
2. Hasil Pengujian <i>Black Box</i>	28
3. Hasil validasi berdasarkan variasi <i>mass charge</i>	35
4. Validasi berdasarkan variasi tekanan	39
5. Validasi berdasarkan variasi beban	44
6. Hasil analisis performansi refrigerasi berdasarkan variasi <i>mass charge</i>	45
7. Hasil analisis performansi refrigerasi berdasarkan variasi tekanan	46
8. Hasil analisis performansi refrigerasi berdasarkan variasi beban	47
9. Nilai Mean Absolute Percentage Error (MAPE)	48
10. Nilai rata-rata MAPE parameter	48
11. Hasil analisis performansi berdasarkan jenis refrigeran	49
12. Hasil analisis performansi berdasarkan jenis temperatur <i>superheat</i>	50
13. Hasil analisis performansi berdasarkan temperatur <i>subcooled</i>	51
14. Hasil analisis pengaruh <i>mass charge</i> terhadap emisi karbon dioksida	52
15. Hasil analisis pengaruh tekanan terhadap emisi karbon dioksida	53
16. Hasil analisis pengaruh beban terhadap emisi karbon dioksida	54
17. Hasil analisis pengaruh jenis refrigeran terhadap emisi CO <sub>2</sub>	54
18. Hasil pengujian dengan metode SUS	55

## DAFTAR GAMBAR

1. Komponen sistem refrigerasi kompresi uap (Cengel <i>et al.</i> 2005)	3
2. Siklus sistem refrigerasi kompresi uap (Cengel <i>et al.</i> 2005)	4
3. Bagan alir prosedur kerja penelitian	9
4. Diagram metode pengembangan SDLC	9
5. Diagram kalkulasi sistem	15
6. Halaman <i>landing page</i> perancangan sistem refrigrasi	20
7. Halaman utama simulasi <i>cold storage</i>	20
8. Halaman utama beban konveksi dinding	21
9. Halaman simulasi konveksi dinding	21
10. Halaman total beban konveksi dinding	22
11. Halaman simulasi beban pendinginan internal	22
12. Halaman simulasi beban pendinginan infiltrasi	23
13. Halaman total beban pendinginan	23
14. Halaman parameter simulasi siklus	24
15. Halaman <i>login</i>	24
16. Halaman <i>menu</i> utama	24
17. Hasil implementasi halaman perancangan sistem refrigerasi	25
18. Hasil implementasi halaman utama simulasi <i>cold storage</i>	25
19. Hasil implementasi halaman eksternal <i>cooling load</i>	25
20. Hasil implementasi halaman total beban pendinginan total	26
21. Hasil implementasi halaman simulasi beban pendinginan dalam	26



22. Hasil implementasi halaman beban pendinginan infiltrasi	26
23. Hasil implementasi halaman total <i>cooling load</i>	27
24. Hasil implementasi halaman simulasi siklus	27
25. Hasil implementasi halaman hasil simulasi	27
26. Hasil implementasi halaman simulasi LCCP	28
27. P-h diagram dengan <i>mass charge</i> 0,07 kg	31
28. P-h diagram dengan <i>mass charge</i> 0,1 kg	32
29. P-h diagram dengan <i>mass charge</i> 0,13 kg	33
30. P-h diagram dengan <i>mass charge</i> 0,16 kg	33
31. P-h diagram dengan <i>mass charge</i> 0,19 kg	34
32. P-h diagram dengan <i>mass charge</i> 0,22 kg	35
33. P-h diagram dengan tekanan 1,3 bar	37
34. P-h diagram dengan tekanan 1,6 bar	38
35. P-h diagram dengan tekanan 1,9 bar	38
36. P-h diagram dengan beban 50 kg	40
37. P-h diagram dengan beban 100 kg	40
38. P-h diagram dengan beban 150 kg	41
39. P-h diagram dengan beban 200 kg	42
40. P-h diagram dengan beban 250 kg	43
41. P-h diagram dengan beban 300 kg	43
42. Grafik pengaruh temperatur <i>superheat</i> terhadap COP	50
43. Grafik pengaruh temperatur <i>subcooled</i> terhadap COP	51
44. Grafik pengaruh <i>mass charge</i> terhadap emisi karbon dioksida	52
45. Grafik pengaruh tekanan terhadap emisi karbon dioksida	53
46. Grafik pengaruh beban ( <i>load</i> ) terhadap emisi karbon dioksida	53

### DAFTAR LAMPIRAN

1. Penulisan <i>coding</i> dalam VBA	60
2. Penggunaan REFPROP sebagai <i>library</i>	61
3. Contoh hasil simulasi	60
4. MAPE berdasarkan variasi <i>mass charge</i>	61
5. MAPE berdasarkan variasi tekanan	62
6. MAPE berdasarkan variasi beban	63
7. Properti LCCP	64
8. Properti LCCP untuk <i>cold storage</i>	64

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.