

RANCANG BANGUN SIMULASI SISTEM TUNGKU BIOMASSA BERBASIS VBA (*VISUAL BASIC APPLICATION*)

ALIYYA FAIRUZ MUMTAZYA



**DEPARTEMEN TEKNIK MESIN DAN BIOSISTEM
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
IPB UNIVERSITY
BOGOR
2025**

- 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.

Perpustakaan IPB University

PERNYATAAN MENGENAI SKRIPSI DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi dengan judul “Rancang Bangun Simulasi Sistem Tungku Biomassa Berbasis VBA (*Visual Basic Application*)” 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, Juli 2025

Aliyya Fairuz Mumtazya
F1401211016

- 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

ALIYYA FAIRUZ MUMTAZYA. Rancang Bangun Simulasi Sistem Tungku Biomassa Berbasis VBA (*Visual Basic Application*). Dibimbing oleh MUHAMAD YULIANTO.

Rancang bangun simulasi sistem tungku biomassa memungkinkan pengujian mesin sebelum dibangun secara fisik. Simulasi perlu dilakukan untuk mengurangi dan memprediksi masalah yang akan terjadi sebelum tahap manufaktur sebenarnya. Sistem simulasi tungku biomassa dibuat menggunakan *Visual Basic Application* (VBA) yang terintegrasi dengan Microsoft Excel dan Refprop. Simulasi ini akan masuk ke dalam salah satu modul di *The Poci* yang telah dikembangkan sebelumnya. Hasil validasi suhu *flue gas* menggunakan metode MAPE menunjukkan nilai yang sangat baik yaitu 2,70% pada model 1 dengan variasi laju biomassa kaliandra, gamal, dan sengon sebesar 5 kg/jam. Pada variasi rasio bahan bakar dan udara serta kadar air bahan bakar, nilai suhu *flue gas* berbanding terbalik dengan nilai rasio bahan bakar dan udara serta kadar air bahan bakar. Semakin tinggi nilai rasio bahan bakar dan udara serta kadar air bahan bakar maka suhu *flue gas* yang dihasilkan akan semakin kecil. Pada variasi luas saluran udara, nilai suhu *flue gas* berbanding lurus dengan luas saluran udara. Semakin besar luas saluran udara pembakaran maka semakin tinggi suhu *flue gas* yang dihasilkan. Berdasarkan nilai MAPE yang dihasilkan, simulasi aplikasi *The Poci* tergolong “Acceptable” karena menghasilkan MAPE kurang dari 20%.

Kata kunci: *simulasi sistem tungku pembakaran, twin technology, VBA*



ABSTRACT

ALIYYA FAIRUZ MUMTAZYA. Biomass Stove System Simulation Design using VBA (Visual Basic Application). Supervised by MUHAMAD YULIANTO.

Simulation of biomass stove system design allows testing of the machine before it is physically built. Simulation can reduce and predict problems that will occur before the actual manufacturing stage. The biomass furnace simulation system is created using Visual Basic Application (VBA) integrated with Microsoft Excel and Refprop. This simulation will be included in one of the modules in The Poci that has been developed previously. The results of the validation of the *flue gas* temperature using the MAPE method show a very good value of 2.70% in model 1 with a variation in the biomass rate of calliandra, gamal, and sengan of 5 kg/hour. In the variation of the fuel and air ratio and fuel water content, the *flue gas* temperature value is inversely proportional to the fuel and air ratio and fuel water content. The higher the value of the fuel and air ratio and fuel water content, the lower the *flue gas* temperature produced. In the variation of the air duct area, the *flue gas* temperature value is directly proportional to the air duct area. The larger the combustion air duct area, the higher the *flue gas* temperature produced. Based on the MAPE value produced, the simulation of The Poci application is classified as "Acceptable" because it produces a MAPE of less than 20%.

Keywords: biomass stove system simulation, twin technology, 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 mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun 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 SIMULASI SISTEM TUNGKU BIOMASSA BERBASIS VBA (*VISUAL BASIC APPLICATION*)

ALIYYA FAIRUZ MUMTAZYA

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
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 Skripsi:

1. Dr. Ir. Dyah Wulandani, M.Si.
2. Dr. Liyantono, S.TP., M.Agr.

Judul Skripsi : Rancang Bangun Simulasi Sistem Tungku Biomassa Berbasis
VBA (*Visual Basic Application*)

Nama : Aliyya Fairuz Mumtazya
NIM : F1401211016

Disetujui oleh

Pembimbing 1:
Dr. Muhamad Yulianto, S.T., M.T
NIP. 198307102010121005



Diketahui oleh

Ketua Program Studi:
Dr. Ir. Edy Hartulistiyoso, M.Sc.Agr
NIP. 196304251989031001



Tanggal Ujian:
(15 Juli 2025)

Tanggal Lulus:
(tanggal penandatanganan oleh Dekan
Fakultas/Sekolah ...)



PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah subhanaahu wa ta'ala atas segala karunia-Nya sehingga karya ilmiah ini berhasil diselesaikan. Judul yang dipilih dalam penelitian yang dilaksanakan sejak bulan Januari 2025 sampai bulan Juni 2025 ini ialah “Rancang Bangun Simulasi Sistem Tungku Biomassa Berbasis VBA (*Visual Basic Application*)”. Skripsi ini disusun untuk menyelesaikan studi S1 di Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor. Dengan selesainya tugas akhir ini, penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada:

1. Dr. Muhamad Yulianto, S.T., M.T. yang telah membimbing dan mengarahkan penulis selama proses penelitian dan penulisan karya berlangsung.
2. Dr. Ir. Dyah Wulandani, M.Si. dan Dr. Liyantono, S.TP., M.Agr. selaku Tim Penguji dan Dr. Slamet Widodo, S.TP., M.Sc. selaku moderator yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan ujian skripsi serta menyempurnakan karya tulis skripsi penulis.
3. Orang tua tercinta, Bapak Andy Darmawan Purnomo dan Ibu Juli Witjaksananingtyas. Kakak penulis, Safira Retna Hanivia. Serta seluruh keluarga yang selalu memberikan doa, dukungan, dan motivasi selama proses penelitian hingga penulisan karya.
4. Seluruh Tendik dan Teknisi Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, terlebih Pak Angga Permana yang telah memberikan bantuan dalam memenuhi tugas akhir ini
5. Teman-teman satu bimbingan S1, yang sudah bekerja sama dan banyak membantu selama proses penelitian berlangsung dari awal hingga akhir.
6. Teman-teman Resonance, Azka, Kania, Nashwa, Ijah, Naila, Fanza, Anggita, Zahra, Lystia, Didil, dan Fayra yang memberikan dukungan dan semangat dalam penyelesaian tugas akhir.

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

Bogor, Juli 2025

Aliyya Fairuz Mumtazya

DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR LAMPIRAN	xii
I 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 Proses Pembakaran	3
2.2 Bahan Bakar	4
2.3 Energi Biomassa	4
2.4 Tungku Pembakaran	5
2.5 VBA (<i>Visual Basic Application</i>)	5
2.6 REFPROP	5
2.7 <i>Digital Twin Technology</i>	6
2.8 Simulasi	6
III METODE	7
3.1 Waktu dan Tempat	7
3.2 Alat dan Bahan	7
3.3 Metode	7
3.4 Matriks Penelitian	13
3.5 Analisis Data	17
IV HASIL DAN PEMBAHASAN	19
4.1 Hasil perancangan sistem simulasi tungku biomassa	19
4.2 Validasi data eksperimen dan simulasi	27
4.3 Validasi data jurnal	46
4.4 <i>Parametric Study</i>	47
V SIMPULAN DAN SARAN	52
5.1 Simpulan	52
5.2 Saran	52
DAFTAR PUSTAKA	53
RIWAYAT HIDUP	60

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.



DAFTAR TABEL

1	Matriks perbandingan hasil aktual dan simulasi berdasarkan variasi laju bahan bakar dan jenis bahan bakar	13
2	Matriks perbandingan hasil aktual dan simulasi berdasarkan variasi laju bahan bakar	14
3	Matriks perbandingan hasil aktual dan simulasi berdasarkan variasi rasio bahan bakar dan udara	15
4	Matriks perbandingan hasil aktual dan simulasi berdasarkan variasi kadar air bahan bakar	16
5	Matriks perbandingan hasil aktual dan simulasi berdasarkan variasi luas saluran udara	17
6	Hasil validasi suhu <i>flue gas</i> berdasarkan model 1	28
7	Hasil validasi suhu <i>flue gas</i> material TKKS berdasarkan model 1	31
8	Hasil validasi berdasarkan model 2	33
9	Hasil validasi suhu <i>flue gas</i> material TKKS berdasarkan model 2	36
10	Hasil validasi berdasarkan model 3	38
11	Hasil validasi suhu <i>flue gas</i> material TKKS berdasarkan model 2	41
12	Perbandingan MAPE berdasarkan bahan bakar	43
13	Perbandingan MAPE tiap model	44
14	Perbandingan Efisiensi Tungku Aktual dan Simulasi Tiap Model	45
15	Hasil validasi suhu <i>flue gas</i> tempurung kelapa berdasarkan model 2	46
16	Hasil validasi suhu <i>flue gas</i> kayu jati berdasarkan model 2	46
17	Hasil validasi suhu <i>flue gas</i> bonggol jagung berdasarkan model 2	47
18	Evaluasi aktual dan simulasi bahan bakar biomassa	48
19	Evaluasi aktual dan simulasi berdasarkan variasi lambda	48
20	Evaluasi aktual dan simulasi berdasarkan variasi lambda	49
21	Evaluasi aktual dan simulasi berdasarkan variasi lambda	50

DAFTAR GAMBAR

1	Ilustrasi persamaan HHV (Cengel dan Boles 2015)	3
2	Skema tungku pembakaran (Guercio dan Bini 2017)	5
3	Diagram alir prosedur penelitian	7
4	Diagram alir perhitungan tiap model	9
5	<i>Experimental set up</i> tungku pembakaran Mawardi (2024)	18
6	<i>Experimental set up</i> tungku pembakaran Ridho (2025)	18
7	Hasil perancangan <i>landing page</i> simulasi tungku biomassa	19
8	Hasil perancangan halaman utama simulasi tungku biomassa	19
9	Hasil perancangan halaman pemilihan model sistem	20
10	Hasil perancangan halaman pemilihan perhitungan sifat material	20
11	Hasil perancangan halaman <i>input</i> parameter bahan bakar	20
12	Hasil perancangan halaman <i>losses</i> dinding	21
13	Hasil perancangan halaman <i>input</i> entalpi bahan bakar	21
14	Hasil perancangan halaman <i>input</i> entalpi udara pembakaran	22
15	Hasil perancangan halaman <i>input</i> entalpi gas pembakaran	22

16	Hasil perancangan halaman <i>input</i> entalpi pembentukan	23
17	Hasil perancangan halaman <i>input</i> parameter reaktan	23
18	Hasil perancangan halaman <i>input</i> parameter produk	24
19	Hasil perancangan halaman <i>output</i> simulasi tungku biomassa bentuk 1 model 1	24
20	Hasil perancangan halaman <i>output</i> simulasi tungku biomassa bentuk 1 model 2	25
21	Hasil perancangan halaman <i>output</i> simulasi tungku biomassa bentuk 1 model 3	25
22	Hasil perancangan halaman <i>output</i> simulasi tungku biomassa bentuk 2 model 1	26
23	Hasil perancangan halaman <i>output</i> simulasi tungku biomassa bentuk 2 model 2	26
24	Hasil perancangan halaman <i>output</i> simulasi tungku biomassa bentuk 2 model 3	27
25	Grafik validasi suhu <i>flue gas</i> dengan variasi laju bahan bakar 2,5 kg/jam.	29
26	Grafik validasi suhu <i>flue gas</i> dengan variasi laju bahan bakar 3,75 kg/jam.	29
27	Grafik validasi suhu <i>flue gas</i> dengan variasi laju bahan bakar 5 kg/jam.	30
28	Grafik validasi suhu <i>flue gas</i> material TKKS model 1 dengan variasi laju bahan bakar 7,5 kg/jam	32
29	Grafik validasi suhu <i>flue gas</i> material TKKS model 1 dengan variasi laju bahan bakar 9 kg/jam	32
30	Grafik validasi suhu <i>flue gas</i> model 2 dengan variasi laju bahan bakar 2,5 kg/jam.	34
31	Grafik validasi suhu <i>flue gas</i> model 2 dengan variasi laju bahan bakar 3,75 kg/jam.	34
32	Grafik validasi suhu <i>flue gas</i> model 2 dengan variasi laju bahan bakar 5 kg/jam.	35
33	Grafik validasi suhu <i>flue gas</i> material TKKS model 2 dengan variasi laju bahan bakar 7,5 kg/jam	37
34	Grafik validasi suhu <i>flue gas</i> material TKKS model 2 dengan variasi laju bahan bakar 9 kg/jam	37
35	Grafik validasi suhu <i>flue gas</i> model 3 dengan variasi laju bahan bakar 2,5 kg/jam.	39
36	Grafik validasi suhu <i>flue gas</i> model 3 dengan variasi laju bahan bakar 3,75 kg/jam.	40
37	Grafik validasi suhu <i>flue gas</i> model 3 dengan variasi laju bahan bakar 5 kg/jam.	40
38	Grafik validasi suhu <i>flue gas</i> material TKKS model 3 dengan variasi laju bahan bakar 7,5 kg/jam	42
39	Grafik validasi suhu <i>flue gas</i> material TKKS model 3 dengan variasi laju bahan bakar 9 kg/jam	42

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.



DAFTAR LAMPIRAN

1	Penulisan <i>coding</i> dalam VBA	57
2	Contoh hasil simulasi	58
3	Nilai <i>ultimate</i> dan <i>proximate</i> bahan bakar	59