

Pemodelan dan Simulasi Perambatan Panas dan Laju Aliran Udara pada Mesin Penetas Telur Statis Menggunakan *Computational Fluid Dynamics Software*

Modeling and Simulation of Heat Propagation and Air Flow Rate in Static Egg Incubators Using Computational Fluid Dynamics Software

Agus Mukhtar^{1*}, Rifki Hermana¹, Oki Prio¹, Hisyam Ma'mun¹, Aan Burhanudin¹

¹ Prodi Teknik Mesin, Universitas PGRI Semarang, Jl. Sidodadi Timur No.24 Semarang, Jawa Tengah, Indonesia

*Corresponding author: agusmukhtar@upgris.ac.id

Diterima: 01-07-2023

Disetujui: 25-07-2023

Dipublikasikan: 03-08-2023

IRAJTMA is licensed under a Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License.



Abstrak

Mesin penetas telur adalah alat yang dirancang untuk menciptakan kondisi yang optimal bagi telur untuk menetas menjadi anak ayam. Beberapa faktor penting yang harus diperhatikan dalam mesin penetas telur meliputi suhu, kelembaban dan laju aliran udara dalam ruang mesin penetas telur. simulasi perambatan panas dan laju aliran udara dalam ruang penetasan dilakukan dengan menggunakan software CFD. Hasil simulasi perambatan panas dengan sumber pemanas diatas rak telur diperoleh suhu maksimum sebesar 312 K atau setara dengan 38,85°C yang berada tepat dibawah pemanas sedangkan suhu terendah sebesar 311 K atau setara dengan 37,85°C yang berada di sudut ruang penetasan. Hasil simulasi laju aliran udara dengan kecepatan aliran udara sebesar 1 m/s diperoleh bahwa mesin penetas telur dengan sumber pemanas diatas rak telur memiliki laju aliran udara dalam ruang ruang penetasan yang merata ke seluruh ruangan sehingga udara dapat menjangkau semua telur yang berada dalam ruang penetasan dengan tingkat keberhasilan penetasan sebesar 80.5%.

Kata Kunci: Mesin Penetas Telur Statis, Simulasi, Software CFD

Abstract

Egg incubators are devices designed to create optimal conditions for eggs to hatch into chicks. Several important factors that must be considered in the egg incubator include temperature, humidity and air flow rate in the egg incubator chamber. Simulation of heat propagation and airflow rate in the hatchery was carried out using CFD software. The simulation results of heat propagation with a heating source above the egg rack obtained a maximum temperature of 312 K or the equivalent of 38.85°C which is right below the heater while the lowest temperature is 311K or the equivalent of 37.85°C which is in the corner of the hatchery. The simulation results of the air flow rate with an air flow velocity of 1m/s obtained that the egg incubator with a heating source above the egg rack has an air flow rate in the hatchery space that is evenly distributed throughout the room so that the air can reach all the eggs in the hatchery room with a level hatching success of 80.5%.

Keywords: Static Egg Incubator, Simulation, CFD Software

1. Pendahuluan

Proses penetasan telur unggas dapat dilakukan dengan dua metode yaitu metode alami dan metode bantuan alat. Proses penetasan secara alami dilakukan oleh induk ayam dengan

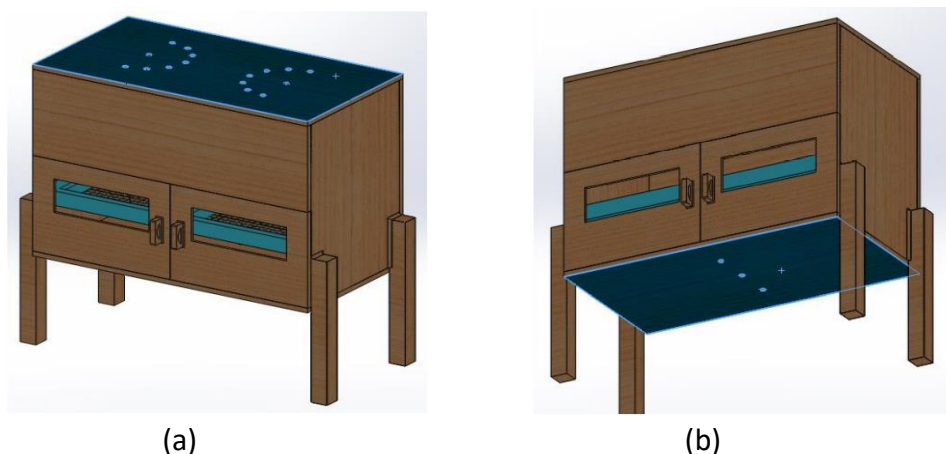
waktu pengeraman selama 21 hari. Waktu pengeraman yang relative lama membuat produktivitas menjadi kecil sehingga para peternak lebih banyak menggunakan metode bantuan alat yaitu dengan mesin penetas telur. Mesin penetas telur berfungsi sebagai alat penyebar panas dalam ruangan agar panas dari sumber pemanas dapat mengalir merata di seluruh permukaan telur. Proses pemerataan panas pada telur dapat dilakukan dengan memutar dan membalikan telur agar sisi yang tidak terpapar panas (sisi bawah) dapat berubah posisi menjadi terpapar panas (sisi atas). Telur akan diputar dan dibalikkan setiap 8 jam sekali. Proses pemutaran telur ini dilakukan dengan manual (tangan) ataupun dengan bantuan motor listrik (otomatis). Berdasarkan proses pembalikan telur tersebut, maka terdapat dua jenis mesin penetas telur yang banyak dijual di pasaran yaitu mesin tetas telur otomatis dan manual.

Teknik pemerataan panas pada telur pada mesin penetas telur dapat dilakukan dengan menggunakan sistem elektronik (otomatis). Proses pembalikan telur menggunakan motor stepper yang akan berputar 6 kali dalam 24 jam dengan sudut 45° . Proses pengendalian suhu dan kelembaban dilakukan dengan metode logika fuzzy menggunakan sensor SHT11. Dari hasil penelitian tersebut diperoleh tingkat keberhasilan penetasan hanya 20% (Jufril Dhanny dkk. 2015). Proses penetasan telur tanpa melakukan pembalikan telur (statis) perlu dilakukan analisa dan simulasi sirkulasi udara dan perambatan panas dalam ruang inkubator agar udara panas dapat merata pada seluruh permukaan telur. Analisa dan simulasi perambatan panas dan laju aliran udara menggunakan software computational fluid dynamics diperoleh suhu dalam ruang inkubator sebesar 38°C dan kelembaban sebesar 56% -72%. Analisa jarak rak telur terhadap pemanas diperoleh nilai risetime terbaik yaitu sebesar 11 cm dengan posisi sumber pemanas berada di bawah rak telur. Dari hasil penelitian tersebut diperoleh tingkat keberhasilan penetasan sebesar 28% (Mukhtar Agus dkk. 2022).

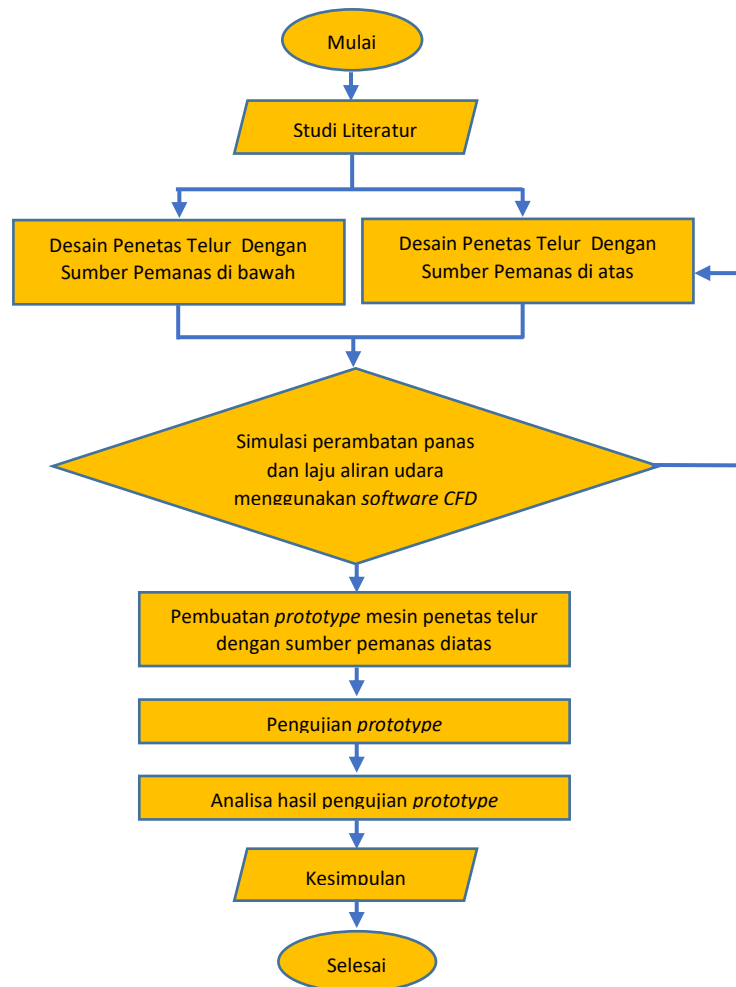
Dengan sumber panas berada di bawah mengakibatkan telur yang berada tepat diatas sumber pemanas (lampu) akan lebih cepat panas dan telur yang berada pada sekeliling sumber pemanas (lampu) kurang teraliri udara panas sehingga mengakibatkan telur banyak yang tidak menetas, untuk itu dalam penelitian ini dilakukan penelitian perambatan panas dan laju aliran udara pada ruang inkubator dengan posisi sumber pemanas (lampu) berada diatas rak telur.

2. Metode

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimen dan pengembangan dari penelitian sebelumnya terhadap laju aliran udara dan perambatan panas dalam ruang inkubator penetas telur. Desain mesin penetas telur statis seperti pada Gambar 1. Adapun alur dalam penelitian ini seperti pada Gambar 2.



Gambar 1. Desain Penetas Telur Dengan Lubang Ventilasi
(a) Tampak atas (b) Tampak bawah



Gambar 2. Alur Penelitian

Desain penetas telur dengan sumber pemanas diatas rak telur dan sumber pemanas di bawah rak telur dibuat dengan volume, dimensi dan lubang ventilasi yang sama kemudian disimulasikan laju aliran udara dan perambatan panas dalam ruang inkubator menggunakan software CFD. Salah satu software yang mampu menganalisa CFD adalah Ansys. Software ini juga mampu menganalisa perilaku aliran panas pada permukaan desain *heatsink* (Aldori and Pangestu 2022). Hasil simulasi perambatan panas dan laju aliran udara yang paling optimal kemudian dibuat prototype dan dilakukan pengujian prototype untuk mengetahui tingkat keberhasilan penetasan.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Perpindahan panas dan laju aliran udara dalam ruang inkubator penetas telur

Perhitungan laju perpindahan panas yang terjadi dari sumber pemanas menuju rak telur agar diperoleh pemerataan panas yang baik dalam ruang inkubator digunakan persamaan dibawah:

$$q = K_r(\theta_1^4 - \theta_2^4) \quad (1)$$

Dimana:

- q = Laju perpindahan panas (Kcal/sec)
- K_r = Koefisien yang tergantung pada emisivitas (0.07 untuk aluminium)
- θ_1 = Suhu pemanas hasil pengukuran 74°C (347.15 K)
- θ_2 = Suhu penerima atau rak telur 38°C (311.15 K)

Maka:

$$q = 0.07 \times (347.15^4 - 311.15^4) \text{ Cal/sec}$$

$$q = 0.07 \times (14523412694.7000 - 9373013141.1340) \text{ Cal/sec}$$

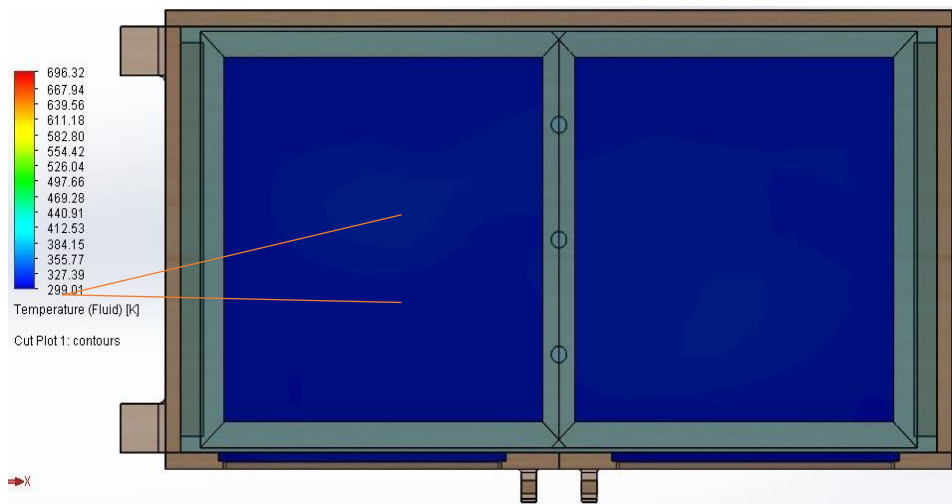
$$q = (0.07 \times 5150399553.5660) \text{ Cal/sec}$$

$$q = 360527975.74962 \text{ Cal/sec}$$

$$q = 100.14667 \text{ KCal/h}$$

$$q = 116.47 \text{ Watt}$$

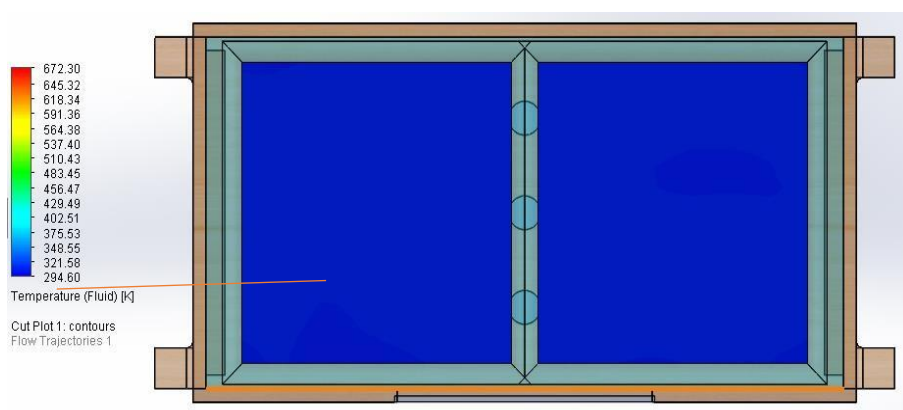
Hasil perhitungan laju perpindahan panas tersebut kemudian dimasukkan ke dalam software CFD untuk dilakukan simulasi perpindahan panas dan laju aliran udara dalam ruang inkubator. Dari data tersebut diperoleh hasil simulasi sebagai berikut:



Gambar 3. Hasil Simulasi Perpindahan Panas Rak Telur Pada Ruang Inkubator Dengan Sumber Pemanas Berada Diatas Rak Telur

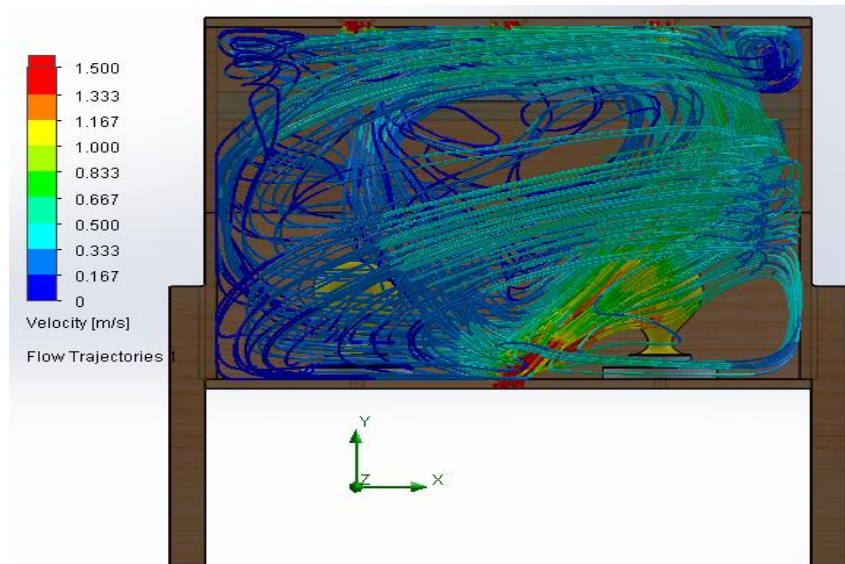
Dari hasil simulasi perpindahan panas yang terdapat pada rak telur diperoleh bahwa pada mesin penetas telur dengan sumber pemanas diatas rak telur suhu tertinggi berada di area tengah rak telur sekitar 312° K atau 38.85° C dan terendah berada di area pinggir rak telur sekitar 311° K atau 37.85° C. Hal ini sesuai dengan syarat suhu penetasan telur ayam yaitu 36°C – 39°C (Nasruddin dkk. 2014).

Pada mesin penetas telur dengan sumber pemanas berada di bawah rak telur diperoleh bahwa suhu pada area rak telur berada pada kisaran 330°K atau 56.85°C sehingga masih berada di atas kisaran suhu penetasan.



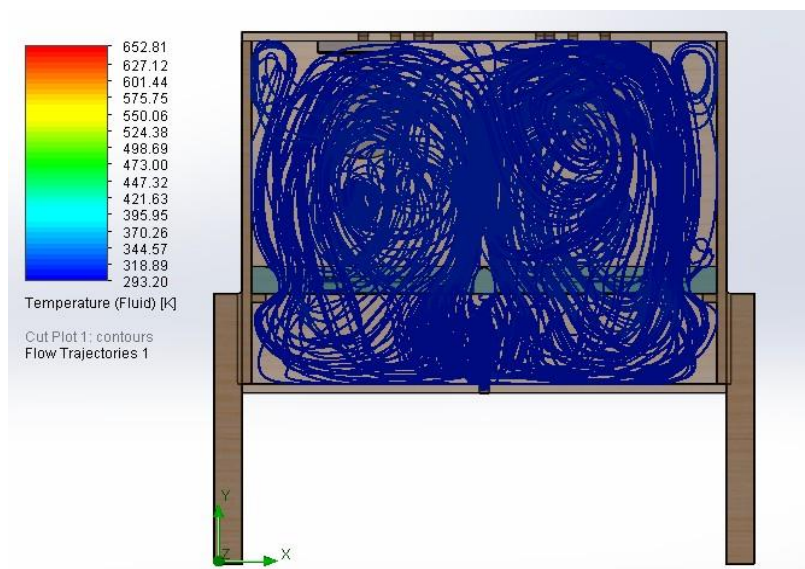
Gambar 4. Hasil Simulasi Perpindahan Panas Rak Telur Pada Ruang Inkubator Dengan Sumber Pemanas Berada Dibawah Rak Telur

Ventilasi dalam ruangan diperlukan untuk menurunkan konsentrasi kontaminan dalam udara dengan memasukkan udara segar dan mengeluarkan udara terkontaminasi (Moerdjoko 2004). Ventilasi alamiah yang terjadi dalam ruang inkubator terjadi karena adanya perbedaan tekanan udara luar dan di dalam ruang. Ventilasi vertical dalam ruang inkubator menyebabkan terjadinya aliran udara dikarenakan perbedaan berat jenis lapisan-lapisan udara luar dan dalam ruang. Koefisien ventilasi maksimum terjadi pada kecepatan udara 1 m/s dan arah aliran dengan sudut 15° (Dewi Utami 2012). Simulasi laju aliran udara dalam ruang inkubator dengan kecepatan udara 1 m/s, jumlah lubang ventilasi sesuai pada gambar 2 dan posisi sumber pemanas berada dibawah rak telur diperoleh sebagai berikut:



Gambar 5. Hasil Simulasi Laju Aliran Udara Pada Ruang Inkubator Dengan Sumber Pemanas Berada Dibawah Rak Telur

Untuk simulasi laju aliran udara dalam ruang inkubator dengan kecepatan udara 1 m/s, jumlah lubang ventilasi sesuai pada gambar 2 dan posisi sumber pemanas berada diatas rak telur diperoleh sebagai berikut:



Gambar 6. Hasil Simulasi Laju Aliran Udara Pada Ruang Inkubator Dengan Sumber Pemanas Berada Diatas Rak Telur

3.2. Hasil pengukuran kelembaban dan suhu dalam mesin penetas telur

Pengukuran suhu dan kelembaban dalam ruang inkubator penetas telur dilakukan dengan menggunakan thermometer dan hygrometer yang diletakkan pada rak telur. Pengamatan dilakukan pada jam 05.00, 12.00, dan 21.00 dalam waktu 23 hari pengamatan. Dari hasil pengamatan yang dilakukan sebanyak 4 periode penetasan diperoleh data sebagai berikut:

Tabel 1. Hasil Pengamatan Suhu dan Kelembaban Pengujian ke-1 Dalam Ruang Mesin Tetas Telur

Pengujian Ke-1						
Hari ke-	05.00 WIB		12.00 WIB		21.00 WIB	
	Suhu	Kelembaban	Suhu	Kelembaban	Suhu	Kelembaban
	(°C)	(%)	(°C)	(%)	(°C)	(%)
1	38,2	64	38	62	38,2	62
2	38,1	64	38	62	38,3	63
3	38,1	63	38	62	38,3	64
4	38	64	38	63	38,4	64
5	38,3	64	38	62	38	62
6	38,4	67	38,3	64	38	62
7	38,2	62	38	62	38	62
8	38,1	62	38,4	68	38,1	64
9	38,2	63	38,2	65	38,3	65
10	38,2	63	38,3	65	38,2	62
11	38,1	60	38,2	64	38,1	63
12	38,1	62	38,1	64	38	63
13	38,2	62	38,2	63	38,2	64
14	38,3	62	38,2	64	38,1	64
15	38,5	69	38,2	65	38,1	63
16	38,2	64	38,2	64	38,2	62
17	38,2	63	38,1	64	38,1	63
18	38,1	63	38	62	38,3	65
19	38,3	62	38,1	63	38,4	67
20	38,3	63	38,2	62	38,5	66
21	38,2	63	38	63	38,2	69
22	38,3	64	38	63	38,2	63
23	38	62	38	62	38	63

Tabel 2. Hasil Pengamatan Suhu dan Kelembaban Pengujian ke-2 Dalam Ruang Mesin Tetas Telur

Pengujian Ke-2						
Hari ke-	05.00 WIB		12.00 WIB		21.00 WIB	
	Suhu	Kelembaban	Suhu	Kelembaban	Suhu	Kelembaban
	(°C)	(%)	(°C)	(%)	(°C)	(%)
1	38	64	38,1	62	38,1	64
2	38,1	64	38,2	63	38,2	63
3	38,2	63	38,2	63	38,2	62

Tabel 2. Hasil Pengamatan Suhu dan Kelembaban Pengujian ke-2
Dalam Ruang Mesin Tetras Telur (lanjutan)

Pengujian Ke-2						
Hari ke-	05.00 WIB		12.00 WIB		21.00 WIB	
	Suhu	Kelembaban	Suhu	Kelembaban	Suhu	Kelembaban
	(°C)	(%)	(°C)	(%)	(°C)	(%)
4	38	64	38,2	64	38,1	63
5	38,3	62	38,3	64	38,1	63
6	38,2	63	38,2	62	38,2	63
7	38,2	65	38,3	64	38	63
8	38	65	38,2	63	38,3	62
9	38,1	64	38	63	38,2	64
10	38,1	62	28	80	38,2	54
11	38,2	63	38,1	62	38,2	64
12	38,3	62	38,2	64	38,2	64
13	38,4	64	38	65	38,1	62
14	38,2	66	38,2	64	38,4	63
15	38,2	65	38,1	64	38,2	64
16	38,2	64	38,1	64	38,3	63
17	38,4	64	38,1	64	38,1	62
18	38,2	68	38,2	64	38,4	63
19	38,2	65	38,2	65	38,3	63
20	38,2	64	38,1	64	38,2	63
21	38,1	65	38,2	64	38,2	62
22	38,1	65	38,1	64	38,1	60
23	38,1	64	38,1	64	38,2	60

Tabel 3. Hasil Pengamatan Suhu dan Kelembaban Pengujian ke-3 Dalam Ruang Mesin Tetras Telur

Pengujian Ke-3						
Hari ke-	05.00 WIB		12.00 WIB		21.00 WIB	
	Suhu	Kelembaban	Suhu	Kelembaban	Suhu	Kelembaban
	(°C)	(%)	(°C)	(%)	(°C)	(%)
1	38	64	38	58	38	59
2	38	63	38	52	38	57
3	38	52	38	62	38	64
4	38	60	38	63	38	65
5	38	57	38	54	38	55
6	38	58	38	54	38	59
7	38	60	38	52	38	58
8	38	58	38	47	38	62
9	38	65	38	51	38	55
10	38	67	38	62	38	60

Tabel 3. Hasil Pengamatan Suhu dan Kelembaban Pengujian ke-3
Dalam Ruang Mesin Tetes Telur (lanjutan)

Pengujian Ke-3						
Hari ke-	05.00 WIB		12.00 WIB		21.00 WIB	
	Suhu	Kelembaban	Suhu	Kelembaban	Suhu	Kelembaban
	(°C)	(%)	(°C)	(%)	(°C)	(%)
11	38	55	38	55	38	56
12	38	54	38	64	38	60
13	38	52	38	65	38	60
14	38	58	38	60	38	60
15	38	60	38	58	38	59
16	38	64	38	67	38	65
17	38	62	38	60	38	60
18	38	55	38	55	38	50
19	38	54	38	55	38	55
20	38	54	38	52	38	55
21	38	60	38	57	38	59
22	38	55	38	52	38	58
23	38	54	38	54	38	58

Tabel 4. Hasil Pengamatan Suhu dan Kelembaban Pengujian ke-4 Dalam Ruang Mesin Tetes Telur

Pengujian Ke-4						
Hari ke-	05.00 WIB		12.00 WIB		21.00 WIB	
	Suhu	Kelembaban	Suhu	Kelembaban	Suhu	Kelembaban
	(°C)	(%)	(°C)	(%)	(°C)	(%)
1	38	64	38	56	38	59
2	38	63	38	55	38	56
3	38	58	38	62	38	59
4	38	65	38	62	38	61
5	37,9	57	38	60	38	64
6	38	67	38	67	38	61
7	38	65	38	67	38	67
8	38	62	38	64	38	53
9	38	62	38	57	38	61
10	38	66	38	57	38	64
11	38	62	38	56	38	55
12	38	62	38	54	38	60
13	38	55	38	47	38	60
14	38	52	38	55	38	58
15	38	58	38	51	38	57
16	38	60	38	57	38	60
17	38	60	38	58	38	60
18	38	64	38	59	38	55

Tabel 4. Hasil Pengamatan Suhu dan Kelembaban Pengujian ke-4
Dalam Ruang Mesin Tetas Telur (lanjutan)

Pengujian Ke-4						
Hari ke-	05.00 WIB		12.00 WIB		21.00 WIB	
	Suhu	Kelembaban	Suhu	Kelembaban	Suhu	Kelembaban
	(°C)	(%)	(°C)	(%)	(°C)	(%)
19	38	65	38	56	38	64
20	38	63	38	53	38	60
21	38	60	38	55	38	60
22	38	66	38	54	38	59
23	38	59	38	57	38	58

3.3. Prosentase penetasan mesin penetas telur

Hasil pengujian yang dilakukan di Laboratorium Teknik Mesin Universitas PGRI Semarang dengan empat kali pengujian dengan sampel 50 butir telur setiap periode pengujian diperoleh bahwa tingkat keberhasilan penetasan telur sesuai dengan tabel berikut:

Tabel 5. Hasil Penetasan Mesin Tetas Telur Statis Dengan Sumber Pemanas Diatas Rak Telur

Percobaan Ke-	%	Tingkat Keberhasilan Penetasan Kapasitas 50 Butir Telur Pada Setiap Percobaan
1	100	50 butir menetas
2	80	40 butir menetas
3	70	35 butir menetas
4	72	36 butir menetas
Rata-rata	80.5	161 butir menetas

Dari hasil pengujian mesin tetas telur statis dengan sumber pemanas diatas rak telur memiliki tingkat keberhasilan penetasan sebesar 80,5%. Data ini menunjukkan peningkatan keberhasilan penetasan dari penelitian sebelumnya dengan sumber pemanas berada di bawah rak telur [2]. Hal ini dikarenakan udara panas yang berada dalam ruang inkubator dengan sumber pemanas diatas rak telur dapat menyebar lebih merata sehingga panas dapat merata mengalir ke dalam telur.

4. Kesimpulan

Dari hasil simulasi perambatan panas menggunakan *software CFD* menunjukkan bahwa mesin penetas telur dengan sumber pemanas diatas menunjukkan bahwa suhu maksimal didalam mesin penetas telur mencapai 312 K atau setara dengan 38,85°C dan suhu minimal atau suhu sebelum mesin beroperasi sebesar 311 K atau setara dengan 37,85°C. Hasil simulasi laju aliran udara dalam ruang mesin penetas telur menggunakan *software CFD* menunjukkan bahwa mesin penetas telur dengan posisi pemanas berada diatas rak telur memiliki laju aliran udara yang lebih merata jika dibandingkan dengan mesin penetas telur dengan sumber pemanas dibawah rak telur dengan tingkat keberhasilan penetasan pada mesin penetas telur dengan sumber pemanas diatas rak telur sebesar 80,5%.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Universitas PGRI Semarang atas fasilitas yang diberikan serta rekan-rekan mahasiswa sehingga penelitian ini dapat dilaksanakan.

Daftar Pustaka

- Aldori, Yopan Rahmad, and Reno Pangestu. 2022. "Analisa Perilaku Aliran Panas Pada Permukaan Desain Heatsink Dengan Menggunakan Software ANSYS." *IRA Jurnal Teknik Mesin Dan Aplikasinya (IRAJTMA)* 1 (2): 11–17. <https://doi.org/10.56862/irajtma.v1i2.24>.
- Dewi Utami FG. 2012. "Pengaruh Kecepatan Dan Arah Aliran Udara Terhadap Kondisi Udara Dalam Ruangan Pada Sistem Ventilasi Alamiah." *Jurnal Rekayasa Mesin* 3 (2): 299-304.
- Jufril Dhanny, dkk. 2015. "Implementasi Mesin Penetas Telur Ayam Otomatis Menggunakan Metoda Fuzzy Logic Control", Semnastek, Jakarta, Indonesia.
- Mukhtar Agus, dkk. 2022. "Pengendalian Temperatur Dan Kelembaban Penetas Telur Dengan Udara Sebagai Pengendali Berbasis Matlab, AutoMech.", 2 (1): 29-36.
- Moerdjoko. 2004. "Kaitan Sistem Ventllasi Bangunan Dengan Keberadaan Mikroorganisme Udara." *Dimensi Teknik Arsitektur* 32 (1): 89-94.
- Nasruddin dkk. 2014. "Analisa Perubahan Temperatur dan Kelembaban Relatif pada Inkubator Penetas Telur yang Menggunakan Fan dan Tidak Menggunakan Fan." *Jurutera* 1 (1): 031-035.