

Studi Numerik Pendinginan Udara Pada Kandang Sapi Kapal Ternak Menggunakan CFD (*Computational Fluid Dynamic*)

Rohimawan Puruhito Pambudi^{1*}, Priyo Agus Setiawan², George Endri Kusuma³

D4 Teknik Permesinan Kapal, Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia^{1*}

D4 Teknik Perpipaian, Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia²

D4 Teknik Permesinan Kapal, Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia³

Email: puruhitop.rohimawan@gmail.com^{1*}; privo.as@ppns.ac.id^{2*}; kusuma.george@gmail.com^{3*};

Abstract - Livestock vessels are used to distribute and transport livestock from one place to another. Similar research has been carried out by making cattle models in the beams which are considered to make air distribution less evenly. This research will be carried out simulation use 3D cattle's model. This simulation aims to determine the distribution of air temperature, air velocity, air pressure and air flow patterns uses a CFD (*computational fluid dynamic*) simulation method. Based on the simulation result, the average of air temperature distribution is 300°K or 27°C at cattle pen A and B. The average of air velocity distribution is 0,669 m/s at cattle pen A and 0,7 m/s at cattle pen B. The average of air pressure distribution is 0,211 pa at cattle pen A and -0,267 pa at cattle pen B and the airflow pattern is around a model of cattle. The distribution of air temperature at 300°K or 27°C by RH (relative humidity) 70%-90%, THI (Temperature Humidity Index) shows in the alert condition between 75 – 78. So, The cattle pen A and B have not good the comfort zone and make a cattle to be mild stress. Because of it, the air temperature has to be down by adding a cooling instrument.

Keyword: Cattle, Pressure, Simulation, Temperature, Velocity

Nomenclature

T = Temperature [°K or °C]

P = Pressure [pa]

V = Velocity [m/s]

RH = Relative Humidity

THI = Temperature Humidity Index

1. PENDAHULUAN

Penelitian sebelumnya [1] melakukan simulasi dengan membuat model kandang yang bertujuan untuk mengetahui kontur temperatur udara dan pola aliran udara. Model kandang yang dibuat terdapat model hewan ternak (sapi) dengan bentuk balok. Hal tersebut dinilai distribusi udara menjadi kurang merata karena aliran udara hanya melewati bagian atas ternak sedangkan pada kondisi sebenarnya aliran udara menyebar keseluruh tubuh hewan ternak.

Oleh karena itu pada tugas akhir ini akan dilakukan simulasi kandang yang dengan menggunakan model hewan ternak (sapi) menyerupai bentuk model 3D. Simulasi ini memiliki tujuan untuk mengetahui penyebaran / distribusi temperatur udara, distribusi kecepatan udara, distribusi tekanan udara dan pola aliran udara yang terdapat pada kandang di kapal ternak (*live stock vessel*).

Pengerjaan tugas akhir ini dilakukan dengan metode simulasi menggunakan *software computational fluid dynamic* (CFD). Penggunaan *software computational fluid dynamic* (CFD) dipilih karena memiliki banyak keunggulan dibandingkan melakukan pengujian secara eksperimental. Keunggulan tersebut diantara lain yaitu kemudahan dalam mendapatkan data,

waktu set up yang relatif singkat, biaya relatif lebih murah dan tidak terpengaruh oleh gangguan lingkungan.

Kapal ternak (*livestock vessel*) merupakan salah satu kelas dari kapal yang didesain untuk digunakan terutama untuk transportasi hewan [2]. Hewan ternak yang dimuat kapal ternak (*livestock vessel*) adalah sapi *ongole*. Sapi *ongole* mudah dikenal karena postur tubuhnya lebih besar dibandingkan dengan sapi-sapi lainnya [3]. Ukuran sapi *ongole* terdapat pada [4] yang menjadi acuan dalam pembuatan model. Aturan yang mengatur tentang kapal ternak (*livestock vessel*) terdapat pada [5] yaitu mengatur tentang ventilasi, persediaan air bersih, persediaan pakan ternak, pencahayaan, dan sistem pembuangan limbah. Sedangkan [6] memberi tujuan agar menjamin kenyamanan ternak dan keselamatan ternak, menjamin kesejahteraan ternak, mengurangi kerugian selama pengangkutan, menjamin kualitas produk ternak, mendukung perkembangan usaha pengangkutan ternak, dan menjamin keselamatan kapal. Beban panas diperoleh berasal dari tabel panas dari lampu [7] dan beban panas yang dihasilkan hewan ternak diperoleh dari grafik animal heat production [8]. Suhu udara dimana hewan pemamah biak lebih nyaman tergantung pada relative humidity di udara antara 5°C dan 25°C [9]. Bila suhu tinggi melebihi 27°C, bahkan dengan kelembaban rendah, suhu efektif berada diatas zona nyaman untuk produksi sapi yang tinggi. Indeks temperatur kelembaban (THI) umumnya digunakan untuk menunjukkan tingkat stress pada ternak [10]. Sedangkan Manusia juga

memiliki tingkat heat stress layaknya hewan, temperatur kenyamanan pada manusia yaitu sekitar 30°C [11]. *Computational fluid dynamics* (CFD) adalah metode perhitungan dengan sebuah kontrol dimensi, luas, dan volume dengan memanfaatkan bantuan komputasi komputer untuk melakukan perhitungan pada tiap-tiap elemen pembagiannya.[12]

2. METODOLOGI .

Metodologi yang digunakan yaitu identifikasi masalah, pengumpulan data, pengolahan data, analisa dan terakhir tahap kesimpulan. Identifikasi masalah merupakan tahap awal untuk menentukan tujuan dan rumusan masalah seperti mengetahui beban panas, bentuk model dan hasil simulasi. Pengumpulan data merupakan tahap dimana pencarian dan pengumpulan data sesuai permasalahan yang didapat. Pengumpulan data diperoleh dari studi literatu dan penelitian sebelumnya. Pengolahan data merupakan tahap lanjutan dari pengumpulan data yang dibagi mulai dari tahap perhitungan beban panas pada kandang sapi, pemodelan geometri dengan menggunakan *software* Auto CAD, dan tahap simulasi CFD dengan menggunakan *software* Ansys Fluent. Tahap analisa yaitu analisa data berbekal data-data yang diperoleh dari hasil simulasi seperti temperatur, kecepatan, dan tekanan. Kesimpulan merupakan bagian terakhir menarik kesimpulan dari hasil simulasi yang dilakukan.

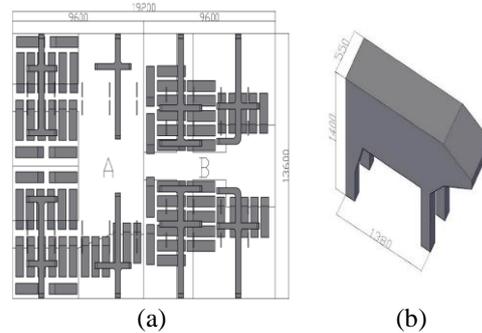
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Perhitungan

Perhitungan dilakukan untuk memperoleh *heat flux* dari ternak (sapi), sehingga didapatkan *heat flux* dengan nilai 141,57 W/m². Nilai *heat flux* tersebut diperoleh sesuai dengan suhu ruangan yakni 27°C dengan *animal heat production* yang dihasilkan oleh ternak. Sedangkan *heat flux* yang terdapat pada lampu yaitu 20 W.

3.2 Hasil Pemodelan

Pembuatan model dilakukan dengan menggunakan *software* autocad yang selanjutnya diekport dalam bentuk ACIS dan di import ke *software* ansys. Pembuatan model kandang disesuaikan dengan bentuk dimensi ruang muat kandang sapi yang akan disimulasikan terdapat pada geladak dasar alas ganda dengan memiliki dimensi panjang 19,2 m, lebar 13,6 m, dan tinggi 2,8 m. Model sapi memiliki dimensi panjang tubuh 1,38 m, tinggi pundak 1,4 m, dan lebar 0,55 m.



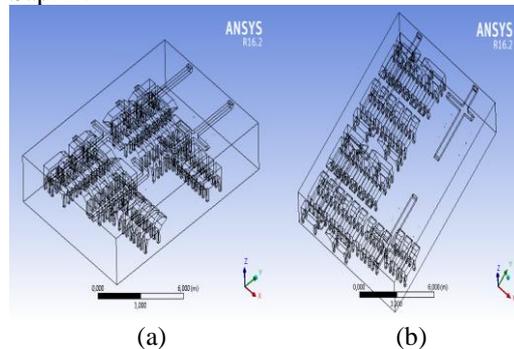
Gambar 1. (a) Dimensi kandang sapi (b) Pemodelan sapi

3.1 Hasil Simulasi

Pre-processor

a. Geometry Model

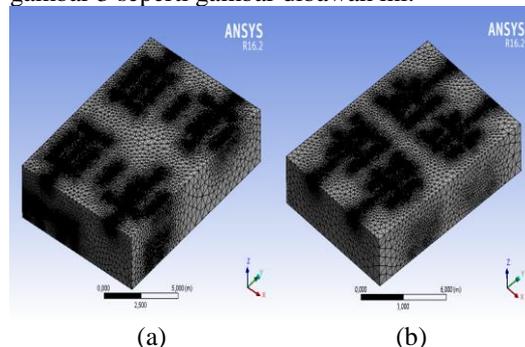
Pemodelan geometry yang akan dilakukan untuk simulasi yaitu pemodelan kandang sapi seperti gambar 2 (a) dan (b). Model tersebut terdapat ternak sapi sebanyak 38 ekor sapi untuk kandang sapi A dan 36 ekor sapi untuk kandang Sapi B.



Gambar 2. (a) Pemodelan kandang sapi A (b) Pemodelan kandang sapi B

b. Meshing

Meshing merupakan pembagian objek kecil-kecil yang mempengaruhi waktu iterasi dan solver. Meshing pada pemodelan kandang sapi yang dilakukan menghasilkan nodes sebanyak 770303 dan elements sebanyak 4230565 untuk kandang sapi A serta nodes sebanyak 680765 dan elements sebanyak 3698276 untuk kandang sapi B. Hasil meshing terdapat pada gambar 3 seperti gambar dibawah ini.



Gambar 3. (a) Meshing kandang sapi A (b) Meshing kandang sapi B

c. Fluid Domain

Fluid domain merupakan penentuan fluida yang digunakan dalam proses simulasi. Simulasi pemodelan kandang sapi pada kapal ternak ini

menggunakan fluida dalam bentuk *air* (udara) dengan kondisi *steady*.

d. Boundary Condition

Boundary condition yang diinputkan yaitu cow, lamp, airinduct1, airinduct2, dan wall part_1 untuk kandang sapi A serta cow, lamp, airinduct3, airinduct3, dan wall part_1 untuk kandang sapi B.

Tabel 1: *Boundary condition* kandang sapi A

| No | Boundary | Type | Velocity (m/s) | Thermal condition | Heat flux (W/m ²) | Temperature (°K) |
|----|-------------------|------|----------------|-------------------|-------------------------------|------------------|
| 1 | Air out ducting 1 | wall | 4 | - | - | 300 |
| 2 | Air out ducting 2 | wall | 13 | - | - | 300 |
| 3 | Cow | wall | - | heat flux | 141,57 | - |
| 4 | Lamp | wall | - | heat flux | 20 | - |
| 5 | Wall part_1 | wall | - | - | - | 305 |

Tabel 1: *Boundary condition* kandang sapi B

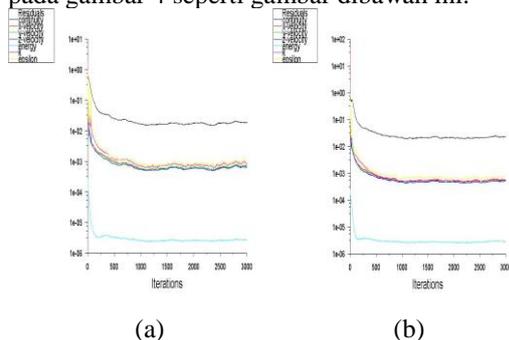
| No | Boundary | Type | Velocity (m/s) | Thermal condition | Heat flux (W/m ²) | Temperature (°K) |
|----|-------------------|------|----------------|-------------------|-------------------------------|------------------|
| 1 | Air out ducting 3 | wall | 10 | - | - | 300 |
| 2 | Air out ducting 4 | wall | 8,5 | - | - | 300 |
| 3 | Cow | wall | - | heat flux | 141,57 | - |
| 4 | Lamp | wall | - | heat flux | 20 | - |
| 5 | Wall part_1 | wall | - | - | - | 305 |

e. Initial Condition

Initial condition yang diinputkan pada model ruang muat kandang sapi yaitu berupa velocity inlet, dan wall.

Solver

Solver control merupakan perhitungan dilakukan terhadap model yang dibuat pada tahap *pre-processor*. Perhitungan yang dilakukan pada ANSYS mempresentasikan jumlah iterasi yang dilakukan. Simulasi model yang dilakukan menggunakan 3000 iterasi. Hasil solver terdapat pada gambar 4 seperti gambar dibawah ini.

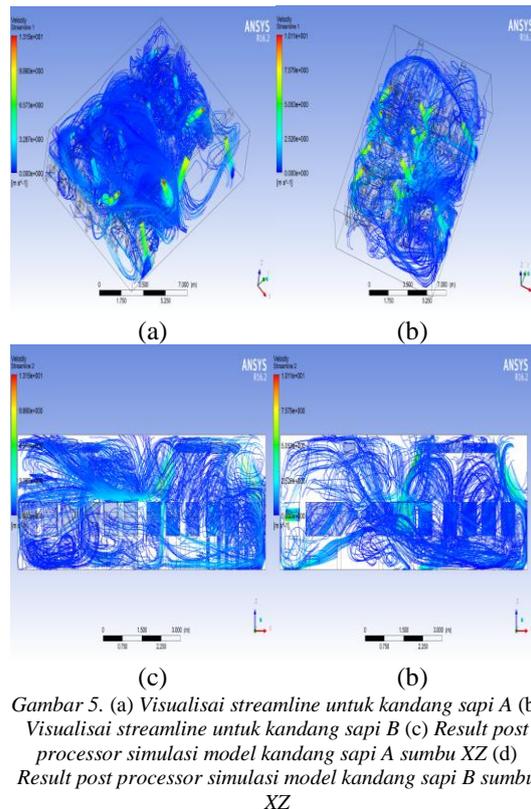


Gambar 4. (a) Solver untuk kandang sapi A (b) Solver untuk kandang sapi B

Post Processor

Post processor merupakan hasil dari perhitungan yang dilakukan pada tahap solver. Hasil dari perhitungan pada tahap solver ditampilkan dalam bentuk visualisasi. Berikut merupakan bentuk visualisasi gambar hasil post processor simulasi dalam bentuk *streamline* sehingga dapat dilihat bentuk aliran udara pada

model kandang sapi A dan B. Hasil visualisasi terdapat pada gambar 5 seperti gambar dibawah ini.

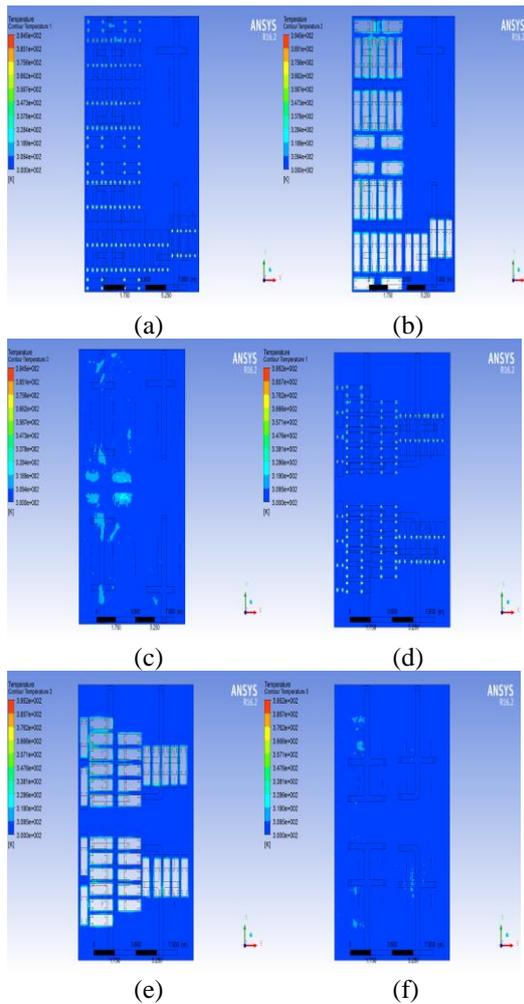


Gambar 5. (a) Visualisasi streamline untuk kandang sapi A (b) Visualisasi streamline untuk kandang sapi B (c) Result post processor simulasi model kandang sapi A sumbu XZ (d) Result post processor simulasi model kandang sapi B sumbu XZ

3.3 Distribusi Temperatur, Kecepatan, dan Tekanan Udara Pada Kandang Sapi

Distribusi temperatur, kecepatan dan tekanan udara pada kandang sapi dilihat dengan melakukan pembagian *plane* pada hasil *post processor*. Pembagian *plane* diletakkan pada ketinggian 0,4 m, 1 m, dan 1,5 m dari model kandang sapi. Pembagian *plane* dimaksudkan untuk mengetahui nilai rata-rata distribusi temperatur, kecepatan dan tekanan udara yang divisualisasikan dalam bentuk gambar kontur.

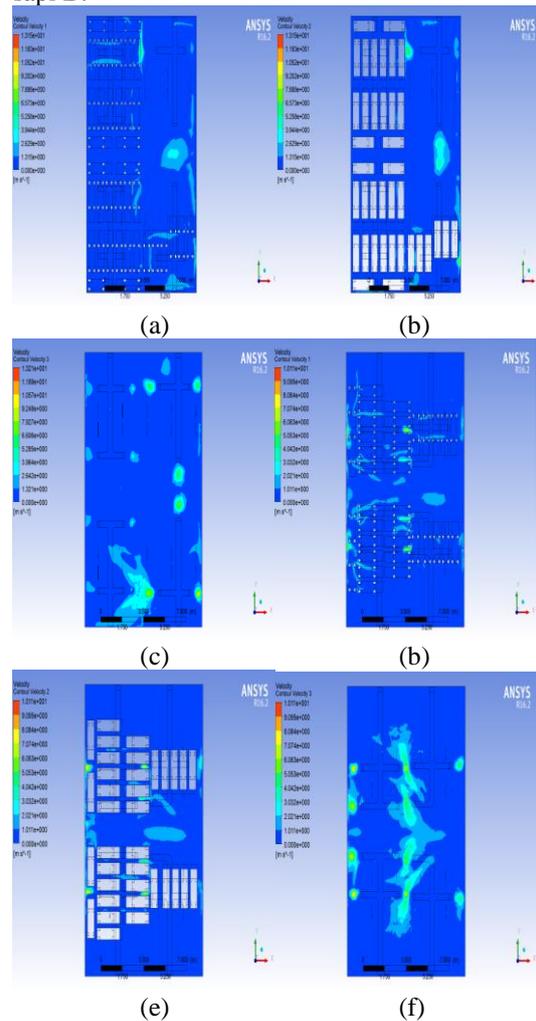
Hasil visualisasi distribusi temperatur udara pada kandang sapi A dan B dapat dilihat dari gambar 6. Gambar 6 (a) dan (d) merupakan hasil visualisasi distribusi temperatur udara pada ketinggian 0,4 m dan diperoleh distribusi temperatur udara rata-rata 300°K atau 27°C pada kandang sapi A dan B. Gambar 6 (b) dan (e) merupakan hasil visualisasi distribusi temperatur pada ketinggian 1 m dan diperoleh distribusi temperatur udara rata-rata 300°K atau 27°C pada kandang sapi A dan B. Gambar 6 (c) dan (d) merupakan hasil visualisasi distribusi temperatur pada ketinggian 1,5 m diperoleh distribusi temperatur rata-rata 300°K atau 27°C pada kandang sapi A dan B. Hasil visualisasi dapat disimpulkan bahwa distribusi temperatur udara dari simulasi yang dilakukan memiliki temperatur rata-rata 300°K atau 27°C pada kandang sapi A dan B.



Gambar 6. (a) Kontur distribusi temperatur udara ketinggian 0,4 m pada kandang sapi A (b) Kontur distribusi temperatur udara ketinggian 1 m pada kandang sapi A (c) Kontur distribusi temperatur udara ketinggian 1,5 m pada kandang sapi A (d) Kontur distribusi temperatur udara ketinggian 0,4 m pada kandang sapi B (e) Kontur distribusi temperatur udara ketinggian 1 m pada kandang sapi B (f) Kontur distribusi temperatur udara ketinggian 1,5 m pada kandang sapi B

Hasil visualisasi distribusi kecepatan udara pada kandang sapi A dan B dapat dilihat pada gambar 7. Gambar 7 (a) dan (d) merupakan hasil visualisasi distribusi kecepatan udara pada ketinggian 0,4 m dan diperoleh distribusi kecepatan udara rata-rata 0,613 m/s pada kandang sapi A dan 0,627 m/s pada kandang sapi B. Gambar 7 (b) dan (e) merupakan hasil visualisasi distribusi kecepatan udara pada ketinggian 1 m dan diperoleh distribusi kecepatan udara rata-rata 0,628 m/s pada kandang sapi A dan 0,663 m/s pada kandang sapi B. Gambar 7 (c) dan (f) merupakan hasil visualisasi distribusi kecepatan udara pada ketinggian 1,5 m dan diperoleh distribusi kecepatan udara rata-rata 0,766 m/s pada kandang sapi A dan 0,81 m/s pada kandang sapi B. Hasil visualisasi dapat disimpulkan distribusi kecepatan udara dari simulasi yang dilakukan memiliki kecepatan udara rata-rata 0,669 m/s

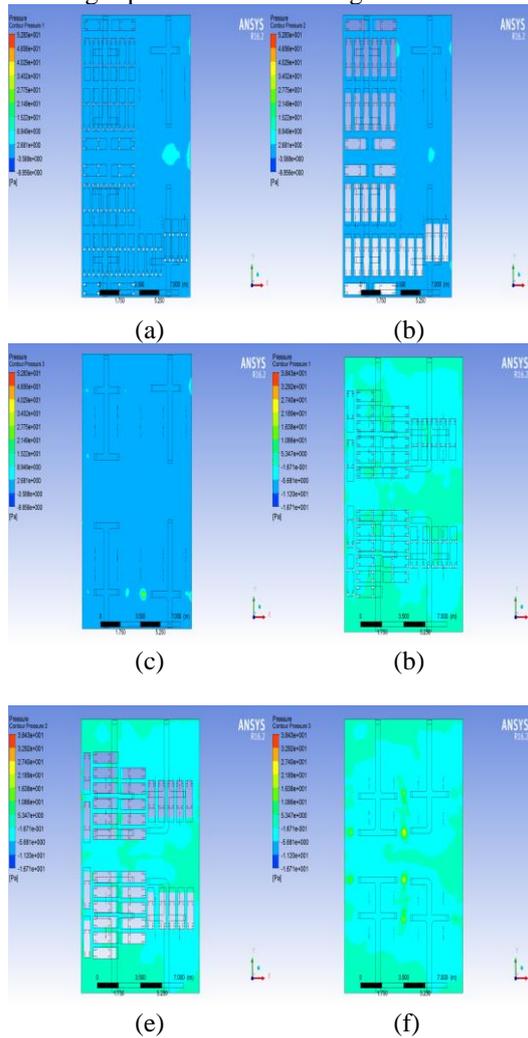
pada kandang sapi A dan 0,7 m/s pada kandang sapi B.



Gambar 7. (a) Kontur distribusi kecepatan udara ketinggian 0,4 m pada kandang sapi A (b) Kontur distribusi kecepatan udara ketinggian 1 m pada kandang sapi A (c) Kontur distribusi kecepatan udara ketinggian 1,5 m pada kandang sapi A (d) Kontur distribusi kecepatan udara ketinggian 0,4 m pada kandang sapi B (e) Kontur distribusi kecepatan udara ketinggian 1 m pada kandang sapi B (f) Kontur distribusi kecepatan udara ketinggian 1,5 m pada kandang sapi B

Hasil visualisasi distribusi tekanan udara pada kandang sapi A dan B dapat dilihat pada gambar 8. Gambar 8 (a) dan (d) merupakan hasil visualisasi distribusi tekanan udara pada ketinggian 0,4 m dan diperoleh distribusi tekanan udara rata-rata 0,268 pa pada kandang sapi A dan -0,349 pa pada kandang sapi B. Gambar 8 (b) dan (e) merupakan hasil visualisasi distribusi tekanan udara pada ketinggian 1 m dan diperoleh tekanan udara rata-rata 0,194 pa pada kandang sapi A dan -0,349 pa pada kandang sapi B. Gambar 8 (c) dan (f) merupakan hasil visualisasi distribusi tekanan udara pada ketinggian 1,5 m dan diperoleh tekanan udara rata-rata 0,172 pa pada kandang sapi A dan -0,105 pa pada kandang sapi B. Hasil visualisasi dapat disimpulkan distribusi tekanan udara dari simulasi yang dilakukan memiliki tekanan udara

rata-rata 0,211 pa pada kandang sapi A dan -0,267 pa pada kandang sapi B. Harga minus yang diperoleh dari hasil simulasi dikarenakan pada kandang sapi didefinisikan ruangan terisolasi.



Gambar 7. (a) Kontur distribusi tekanan udara ketinggian 0,4 m pada kandang sapi A (b) Kontur distribusi tekanan udara ketinggian 1 m pada kandang sapi A (c) Kontur distribusi tekanan udara ketinggian 1,5 m pada kandang sapi A (d) Kontur distribusi tekanan udara ketinggian 0,4 m pada kandang sapi B (e) Kontur distribusi tekanan udara ketinggian 1 m pada kandang sapi B (f) Kontur distribusi tekanan udara ketinggian 1,5 m pada kandang sapi B

Distribusi temperatur pada kandang sapi A dan B dari hasil simulasi diperoleh temperatur udara rata-rata 300°K atau 27°C. Nilai RH (*relative humidity*) pada kandang sapi A dan B dengan temperatur 300°K atau 27°C yaitu 70% - 90% dimana nilai THI (*Temperature-Humidity Index*) menunjukkan pada kondisi siaga (*alert*) 75 - 78. Sehingga dapat disimpulkan bahwa kandang sapi A dan B memiliki zona nyaman (*comfort zone*) yang kurang baik dan membuat sapi dalam keadaan stress sedang. Karena pada kandang sapi A dan B memiliki zona nyaman (*comfort zone*) yang kurang baik maka temperatur udara kandang sapi A dan B perlu diturunkan. Temperatur udara pada kandang sapi

A dan B dapat diturunkan dengan cara penambahan instrumen pendingin.

4. KESIMPULAN

Dari simulasi yang telah dilakukan dalam pengerjaan tugas akhir tersebut maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Beban panas dari ternak untuk satu ekor sapi sebesar 141,57 W/m² sedangkan beban panas lampu yang terdapat pada kandang sapi mengeluarkan panas 20 W.
2. Model kandang sapi A dan B memiliki dimensi 9,6 m x 13,2 m x 2,8 m. Model kandang sapi A menghasilkan jumlah nodes sebesar 770679 dan jumlah elements sebesar 4217443. Model kandang sapi B menghasilkan jumlah nodes sebesar 680765 dan jumlah elements sebesar 3698276.
3. Distribusi temperatur udara pada kandang sapi A dan B memiliki temperatur udara rata-rata 300°K atau 27°C. Distribusi kecepatan udara pada kandang sapi A dan B memiliki kecepatan udara rata-rata 0,669 m/s pada kandang sapi A dan 0,7 m/s pada kandang sapi B. Distribusi tekanan udara pada kandang sapi A dan B memiliki tekanan udara rata-rata 0,211 pa pada kandang sapi A dan -0,267 pa pada kandang sapi B. Distribusi temperatur pada kandang sapi A dan B dari hasil simulasi diperoleh temperatur udara rata-rata 300°K atau 27°C dengan nilai RH (*relative humidity*) 70% - 90% dimana nilai THI (*Temperature-Humidity Index*) menunjukkan pada kondisi siaga (*alert*) 75 - 78. Sehingga kandang sapi A dan B memiliki zona nyaman (*comfort zone*) yang kurang baik dan membuat sapi dalam keadaan stress sedang, oleh karena itu temperatur udara perlu diturunkan dengan cara penambahan instrumen pendingin.

5. PUSTAKA

- [1] M. Ardiansyah, "Evaluasi Perbandingan Distribusi Udara Peti Dengan Saluran Udara Tunggal Di Kapal Ternak 1200 DWT," 2016.
- [2] J. P. Outschoorn, "Computational Fluid Mechanics investigation of Ventilation aboard a Livestock Vessel," no. October, 2005.
- [3] S. Rusdiana, B. Wibowo, and D. L. Praharani, "PENYERAPAN SUMBERDAYA MANUSIA DALAM ANALISIS FUNGSI USAHA PENGEMUKAN SAPI POTONG RAKYAT DI PEDESAAN (Absorption in The Human Resources in Function Analysis of Cattle Fattening In Rural area)," *Semin. Nas. Teknol. Peternak. dan Vet.*, pp. 453-

- 460, 2010.
- [4] BSN, “Bibit sapi potong - Bagian 7 : Sumba Ongole,” 2016.
- [5] AMSA, “Marine Order 43 (Cargo and cargo handling - livestock) 2006,” 2013.
- [6] BSN, “Ruang Muatan Kapal Motor Angkutan Ternak Babi,” 2000.
- [7] M. A. M. George Endri kusuma, Mardi Santoso, *Sistem Refrigerasi dan Saluran Udara*. Surabaya, 2016.
- [8] E. Gozo and S. View, “ *Animal housing in hot climates a Commission Internationale du Génie ... CIGR Section II Working Group ANIMAL HOUSING IN HOT CLIMATES* :, no. February. Brazil, 2015.
- [9] H. D. Şireli, M. Tutkun, A. M. Tatar, and S. S. Tuncer, “Heat stress in ruminants,” *Sci. Pap. Ser. D, Anim. Sci.*, vol. 60, pp. 257–261, 2017.
- [10] D. V. Armstrong, “Heat Stress Interaction with Shade and Cooling,” *J. Dairy Sci.*, vol. 77, no. 7, pp. 2044–2050, 1994.
- [11] P. A. S. Yuning Widiarti, Binti Mualifatul Rosydah, “EVALUASI VENTILASI ALAMI DENGAN SIMULASI NUMERIK COMPUTATIONAL FLUID DYNAMICS SEBAGAI UPAYA PENGENDALIAN K3 PADA BENGKEL LAS POLITEKNIK PERKAPALAN NEGERI SURABAYA,” *J. Tek. Mesin*, no. 2, pp. 256–263, 2013.
- [12] H. S. Islam, “REDESAIN SALURAN DISTRIBUSI UDARA RUANG MUAT SAPI KAPAL LIVESTOCK VESSEL,” Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya, 2017.