

Pengaruh Jarak Antar Dinding terhadap Distribusi Temperatur pada Inkubator Bayi Berdinding Ganda

Eka Puji Kurniawan, Ridho Hantoro, dan Gunawan Nugroho

Jurusan Teknik Fisika, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya (ITS)

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111

e-mail: hantoro@ep.its.ac.id

Abstrak—Inkubator bayi berdinding ganda mampu mengurangi resiko terjadinya kehilangan panas secara radiasi, konduksi, konveksi, dan evaporasi dalam membantu tercapainya NTE (*Neutral Thermal Environment*). Tujuan penelitian yang berbasis *Computational Fluid Dynamics (CFD)* ini adalah menganalisa aliran udara, distribusi temperatur, dan kelembaban pada inkubator bayi berdinding ganda dengan variasi jarak antar dinding. Hasil simulasi yaitu inkubator dengan modifikasi jarak antar dinding 2,5 cm dan 3 cm adalah yang paling baik karena mendekati nilai temperatur atur. Hal ini dapat mengurangi bahaya risiko terkena hipotermia pada bayi. Modifikasi jarak antar dinding tidak berpengaruh terhadap kecepatan aliran udara, kehilangan panas radiasi, dan kehilangan panas konveksi. Kehilangan panas konveksi tubuh bayi pada variasi jarak antar dinding sebesar 2,5cm dan 3cm cenderung meningkat 0,011 Watt hingga 0,13 Watt. Kelembaban relatif pada berbagai variasi jarak antar dinding juga identik. Perbedaan antar variasi jarak antar dinding dengan berbagai pengaturan temperatur tidak lebih dari 1%. Pada pengaturan temperatur 35°C pada berbagai variasi jarak antar dinding memiliki kelembaban relatif yang lebih baik dibandingkan pada pengaturan temperatur lainnya.

Kata Kunci—CFD, Inkubator, Kehilangan panas total, Kelembaban relatif, Modifikasi jarak antar dinding.

I. PENDAHULUAN

BAYI prematur adalah bayi yang lahir di usia kehamilan kurang dari 37 minggu. Dimana kelahiran bayi normal biasanya pada kurun waktu 37 sampai 41 minggu [1]. Bayi prematur memiliki berat badan yang kurang dari 2500 gram sehingga sangat rentan terhadap suhu disekitarnya [2]. Jika suhu ruangan terlalu dingin maka dapat menurunkan suhu badan bayi prematur sehingga bayi dapat mengalami kedinginan [3]. Dimana suhu normal bayi baru lahir (neonatus) sekitar 36,5-37,5 °C.

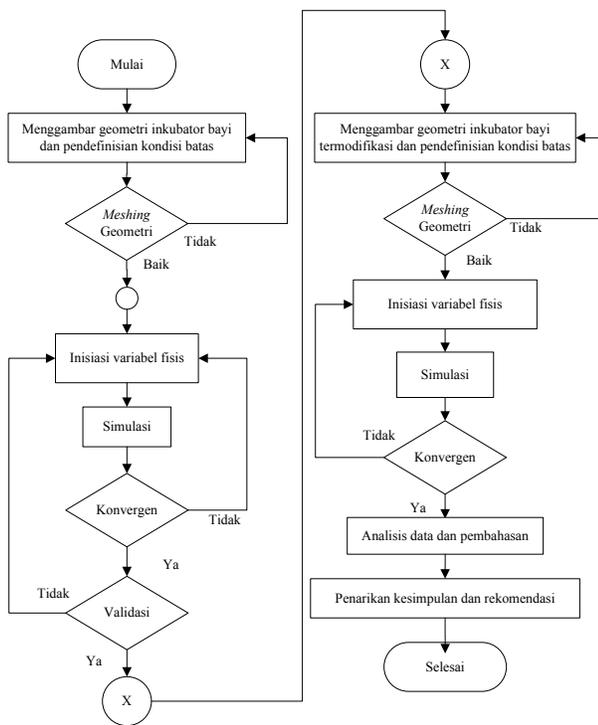
Dikarenakan kemampuan tubuh bayi dalam menjaga keseimbangan antara produksi panas dan kehilangan panas agar dapat mempertahankan suhu tubuh dalam batas normal (termoregulasi) belum begitu baik, maka sangat penting untuk selalu dijaga suhu tubuh bayi dalam kondisi normal. Tubuh bayi dapat kehilangan panas secara radiasi, konduksi, konveksi, dan evaporasi [4]. Proses termoregulasi yang kurang baik dapat menyebabkan hipotermia hipotermia dimana hal tersebut dapat menyebabkan gangguan kesehatan, gangguan pertumbuhan serta IQ hingga kematian [5].

Mekanisme tremoregulasi yang baik dapat mendukung tercapainya NTE (*Neutral Thermal Environment*). NTE merupakan suhu atau kondisi lingkungan dimana suhu tubuh dalam kondisi normal dengan pengeluaran kalori dan konsumsi oksigen minimal [6]. Untuk mendukung tercapainya NTE maka diperlukan metode perawatan bayi yang bertujuan untuk menjaga suhu tubuh bayi dalam keadaan normal. Salah satu metode untuk membantu tercapainya NTE bagi bayi yaitu dengan inkubator.

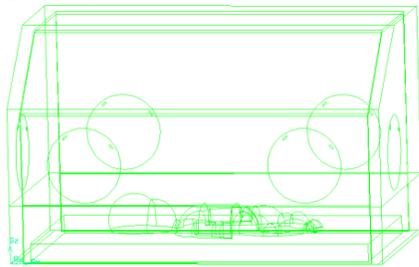
Di Indonesia pada umumnya inkubator memiliki geometri dan dimensi sederhana dengan dinding tunggal. Dinding tersebut terbuat dari kaca sehingga kurang mampu membantu tercapainya NTE karena aliran udara dapat langsung mengenai tubuh bayi sehingga tubuh bayi dapat kehilangan panas. Hal inilah yang memicu dilakukannya berbagai penelitian mengenai inkubator bayi berdinding ganda dimana udara dialirkan di antara kedua dinding [7],[8]. Dan terbukti bahwa penelitian ini mampu mengurangi resiko terjadinya kehilangan panas secara radiasi, konduksi, konveksi, dan evaporasi. Selain itu inkubator berdinding ganda mampu mengurangi konsumsi oksigen [9],[10].

Selain masalah distribusi temperatur dalam membantu tercapainya NTE, aliran udara dalam proses respirasi bayi juga sangat berpengaruh dalam tercapainya NTE. Yaitu ketersediaan dan konsumsi oksigen minimum serta akumulasi karbon dioksida hasil respirasi bayi. Selain itu kesalahan dalam meletakkan posisi bayi saat tidur dalam inkubator dapat mempengaruhi distribusi temperatur dan aliran udara dalam proses respirasi bayi, serta memicu terjadinya *Sudden Infant Death Syndrome (SIDS)* atau sindrome kematian bayi mendadak [11]. SIDS ini biasanya dialami oleh bayi kurang dari 1 tahun. Di Negara-negara Asia SIDS terjadi sebesar 0,04% dari 1000 angka kelahiran. Hampir 80% kematian akibat SIDS terjadi pada bayi di bawah umur 5 bulan dan sisanya di atas 6 bulan [12].

Dengan beberapa faktor yang mempengaruhi distribusi termal dan aliran udara dalam inkubator serta resiko terjadinya SIDS maka perlu dilakukan penelitian mengenai hal tersebut. Penelitian yang bertujuan menganalisis aliran udara, distribusi termal, dan moda kehilangan panas pada bayi dengan merujuk pada dimensi dan geometri inkubator pada *Neonatal Intensive Care Unit (NICU)* yang ada di Indonesia.



Gambar 1. Diagram alir penelitian.



Gambar. 2. Geometri inkubator dinding ganda dengan jarak antar dinding sebesar 2 satuan.

II. METODOLOGI PENELITIAN

Tahapan-tahapan mengenai proses penelitian distribusi temperatur dan aliran udara seperti yang digambarkan dalam *flowchart* pada Gambar 1.

A. Geometri Inkubator Termodifikasi

Disain inkubator bayi pada penelitian ini dimodelkan dengan geometri tiga dimensi namun hanya ruang inkubasi bayi saja yang dimodelkan. Ukuran ruang utama inkubator pada pemodelan ini adalah panjang (x) sebesar 76 satuan, lebar (y) sebesar 46 satuan, dan tinggi (z) bagian depan 31 satuan dan bagian belakang 45 satuan. Dimana luas area masukan udara panas dan luas area keluaran infiltrasi pada pemodelan ini berturut-turut yaitu $6,45 \times 10^{-4} \text{ m}^2$ dan $0,6 \times 10^{-5} \text{ m}^2$. Disain modifikasi, inkubator bayi berdinding ganda divariasikan pada jarak antar dindingnya (dinding luar dan dinding dalam). Terdapat 5 jenis variasi jarak antar dinding, yaitu 1; 1,5; 2; 2,5; dan 3 satuan. Dinding dalam (dinding lapis kedua) ditambahkan dalam inkubator bayi dinding tunggal dengan ketebalan dinding 0,5 satuan yang dipasang mengikuti

kontur permukaan dinding luar inkubator bagian depan-atas-belakang.

B. Penyelesaian (Solving)

Pada tahapan penyelesaian, perangkat lunak yang digunakan yaitu Fluent dengan metode 3ddp (3 *dimensions double precision*) dalam keadaan tunak (*steady*). Langkah yang dilakukan yaitu pendefinisian model persamaan fisis-matematis, material, kondisi operasi, kondisi batas, dan teknik penyelesaian. Skala diskritisasi pada tahap penyelesaian ini adalah 1 skala satuan mewakili panjang 1 cm. Persamaan fisis yang digunakan dalam simulasi ini adalah persamaan energi, viskositas model k - ω SST, dan radiasi model DO (*Discrete Ordinates*). Model radiasi DO digunakan karena terdapat bahan yang bersifat mengabsorpsi dan bahan semi transparan seperti dinding inkubator.

C. Pasca Pemrosesan (Post Processing)

Pada tahapan ini digunakan perangkat lunak CFD *post ANSYS 12.1*. Hasil perhitungan yang telah mencapai nilai konvergen diinterpretasikan dalam bentuk kontur temperatur, fluks panas radiasi, koefisien perpindahan panas pada dinding, dan *path line* serta vektor aliran udara.

D. Moda Kehilangan Panas dan Kelembaban

Moda kehilangan panas yang dianalisa pada penelitian ini yaitu evaporasi, radiasi dan konveksi. Selain itu aliran udara dan kelembaban udara dalam inkubator juga menjadi suatu hal yang di analisa dalam penelitian ini.

Evaporasi

Evaporasi merupakan mekanisme kehilangan panas ke udara lingkungan melalui selaput mukosa atau kulit yang basah pada bayi [6]. Pada bayi bari lahir (neonatus) pembentukan stratum korneum belum sepenuhnya sempurna sehingga dapat mengalami kehilangan panas secara evaporatif tinggi. Selain itu evaporasi juga dipengaruhi oleh perbedaan antara tekanan parsial uap air kulit dengan permukaan kulit bayi dan udara luar [14].

$$H_{evp} = \dot{m}_v h_{fg} \tag{1}$$

Dimana H_{evp} = aliran panas evaporasi (W)
 \dot{m}_v = laju evaporasi tubuh (kg/s)
 h_{fg} = entalpi penguapan air (kJ/kg)

Radiasi

Radiasi terjadi jika panas berpindah dari bayi ke benda padat lainnya atau objek tertentu tanpa melalui kontak langsung [6]. Perpindahan atau kehilangan panas secara radiasi terjadi dalam bentuk gelombang elektromagnetik yang dipengaruhi oleh beberapa faktor, diantaranya yaitu permukaan dan geometri bagian tubuh yang terkena radiasi, jarak dan sudut ke objek radiasi, emisivitas kulit bayi dan objek radiasi, serta temperatur kulit bayi.

Konveksi

Konveksi dalam mekanisme kehilangan panas pada tubuh bayi terjadi saat panas dari kulit bayi bergerak ke udara yang mengalir [6]. Energi termal dari molekul-molekul pada tubuh bayi mengalir ke molekul-molekul udara yang bergerak.

Konveksi dipengaruhi beberapa hal seperti luas permukaan tubuh, berat badan, posisi tidur bayi (lurus atau tertekuk), aliran udara dan temperatur dalam inkubator, serta keadaan kulit epidermis bayi [14]. Kehilangan panas secara konveksi dapat dirumuskan sebagai berikut.

$$H_{conv} = hA\Delta T \tag{2}$$

Dimana H_{conv} = adalah aliran panas konveksi (W)
 h = konstanta konveksi termal (W/m²K)
 A = luas permukaan konveksi yang dilalui aliran panas (m²)
 ΔT = perbedaan temperatur (K)

Kelembaban

Kelembaban relatif adalah kemampuan udara dalam menerima kandungan uap air. Atau dengan kata lain yaitu perbandingan antara tekanan uap dan tekanan jenuh air. Nilai RH (*relative humidity*) didapatkan dari perpotongan h (*enthalpy*) dan T_{db} (*dry bulb temperature*) dari diagram Psikrometri. Diagram psikrometri itu sendiri merupakan diagram yang menunjukkan nilai properti udara, dimana setiap titik pada diagram tersebut menunjukkan suhu bola kering (T_{db}), suhu bola basah (*wet bulb temperature*, T_{wb}), RH, kelembaban absolut, dan tekanan uap [15].

Besarnya nilai RH, mempengaruhi kemampuan udara untuk menyerap uap air. Adapun persamaan untuk mendapatkan nilai h yaitu [16]:

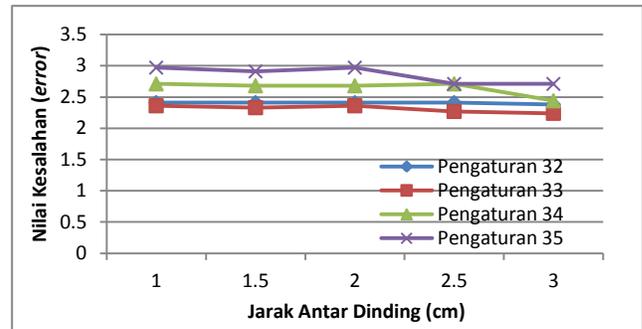
$$h = (1,006.T_{db}) + [W.(2501+1,805.T_{db})] \tag{3}$$

dimana h = entalpi (kJ/kg)
 T_{db} = temperatur bola kering (°C)
 W = kelembaban mutlak (kg_{uap air}/kg_{udara kering}),

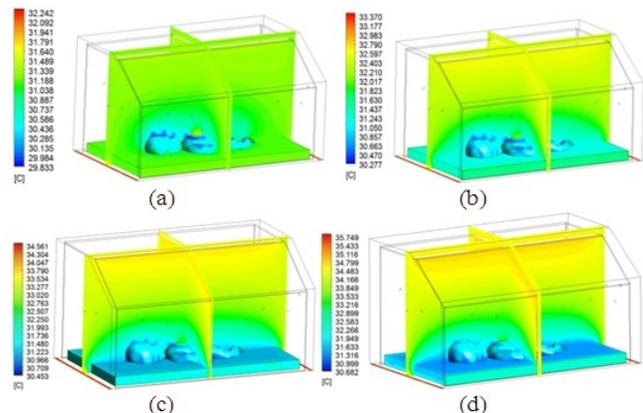
Apabila nilai RH telah didapatkan dari diagram psikrometri maka dapat diperoleh tingkat kenyamanan termal pada kondisi tertentu. Dimana untuk menjaga keselamatan dan kenyamanan bayi dalam inkubator, besarnya kelembaban relatif atau RH adalah 50% sampai 60% [3]. Dan berikut ini merupakan ketegori tingkat kenyamanan termal pada kondisi tertentu [17].

Tabel 1.

Tingkat kenyamanan termal	
Tingkat RH (%)	Keterangan
RH ≤ 40	Kurang nyaman, kulit merasakan kering yang tidak wajar
50 ≤ RH ≤ 80	Nyaman, kulit kering wajar
80 ≤ RH ≤ 90	Hangat nyaman
RH ≥ 90	Tidak nyaman, udara pengap (terasa berat menekan)



Gambar 4. Nilai kesalahan temperatur rata-rata pada berbagai modifikasi jarak antar dinding dengan pengaturan temperatur 32°C, 33°C, 34°C, dan 35°C.

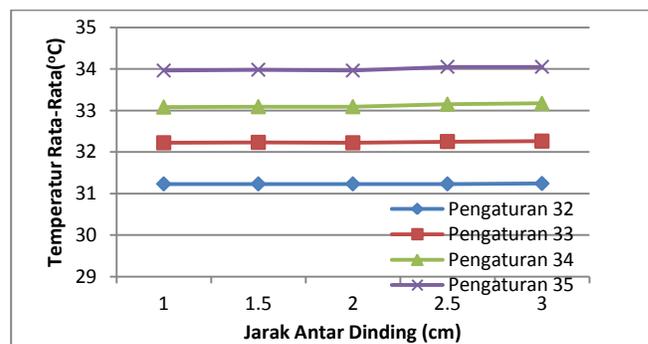


Gambar 5. Kontur distribusi temperatur pada pengaturan temperatur (a) 32°C, (b) 33°C, (c) 34°C, dan (d) 35°C pada modifikasi jarak antar dinding sebesar 2,5 cm.

III. HASIL DAN DISKUSI

A. Distribusi Temperatur Dalam Inkubator

Distribusi temperatur pada semua jenis modifikasi jarak antar dinding terdapat kemiripan pada berbagai pengaturan temperatur. Perbedaan atau selisih temperatur rata-rata dengan temperatur yang diinginkan dalam inkubator juga identik untuk semua jenis modifikasi inkubator dan juga pada semua jenis pengaturan temperatur yaitu berada pada rentang 2% sampai 3%. Namun pada modifikasi jarak antar dinding sebesar 2,5cm dan 3cm, selisih temperatur rata-rata dengan temperatur yang diinginkan dalam inkubator pada semua jenis pengaturan temperatur cenderung menurun meski tidak signifikan. Hal ini dapat dikatakan bahwa modifikasi jarak antar dinding sebesar 2,5cm dan 3cm memiliki distribusi temperatur dalam inkubator yang lebih baik daripada jenis modifikasi jarak antar dinding lainnya.



Gambar 6. Grafik temperatur rata-rata ruangan inkubator.

Distribusi temperatur yang lebih baik pada modifikasi jarak antar dinding sebesar 2,5cm dan 3cm disebabkan karena keseluruhan aliran udara dalam inkubator dapat menuju ke daerah permukaan tubuh bayi setelah mencapai dinding bagian atas atau atap dari inkubator tersebut. Hal ini dapat dilihat dari kontur *streamline* dan vektor kecepatan aliran udara. Udara panas yang keluar dari masukan udara panas mengalir ke atap inkubator, karena udara dengan temperatur lebih tinggi selalu ada pada permukaan yang lebih tinggi. Sehingga udara panas

tadi turun ke permukaan yang lebih rendah akibat adanya aliran udara baik. Selain itu dengan semakin lebarnya jarak antar dinding dalam dan dinding luar, maka udara panas yang terjebak pada celah dinding bagian samping maupun atas dapat dialirkan dengan baik.

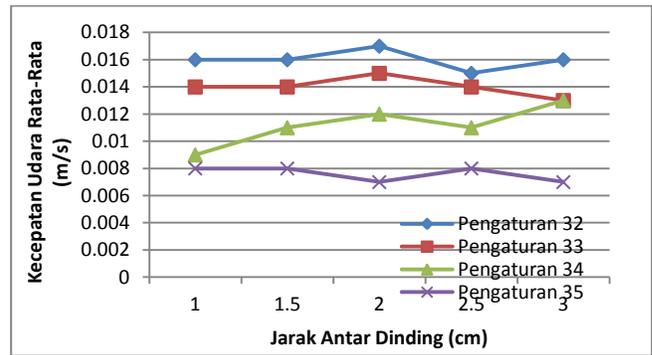
B. Aliran Udara Dalam Inkubator

Profil aliran udara pada berbagai jenis modifikasi jarak antar dinding identik satu sama lain pada semua pengaturan temperatur. Terjadi perbedaan yang tidak beraturan untuk setiap penambahan jarak antar dinding maupun pada setiap pengaturan temperatur ruang inkubator. Hal ini dapat dilihat dari data kecepatan aliran udara rata-rata dalam inkubator. Dapat dikatakan bahwa perubahan jarak antar dinding tidak berpengaruh terhadap kecepatan aliran udara, walaupun berpengaruh namun sangat kecil. Selain itu kecepatan aliran udara pada masukan udara panas sangat rendah atau termasuk dalam bilangan Reynolds rendah.

C. Moda Kehilangan Panas Tubuh Bayi

Pada data hasil simulasi kehilangan panas secara radiasi dapat dilihat bahwa perubahan jarak antar dinding tidak berpengaruh terhadap besarnya kehilangan panas radiasi pada tubuh bayi. Hal ini karena kecilnya selisih antara temperatur kulit bayi dengan objek di sekitarnya seperti dinding dalam maupun dinding luar inkubator. Namun pada pengaturan temperatur 34°C dan 35°C pada berbagai modifikasi jarak antar dinding besarnya kehilangan panas radiasi tubuh bayi bernilai minus (-), yang artinya bayi mendapat tambahan panas dari objek di sekitarnya. Hal ini dikarenakan selisih cukup besar antara temperatur kulit bayi dengan temperatur objek di sekitarnya seperti dinding-dinding inkubator.

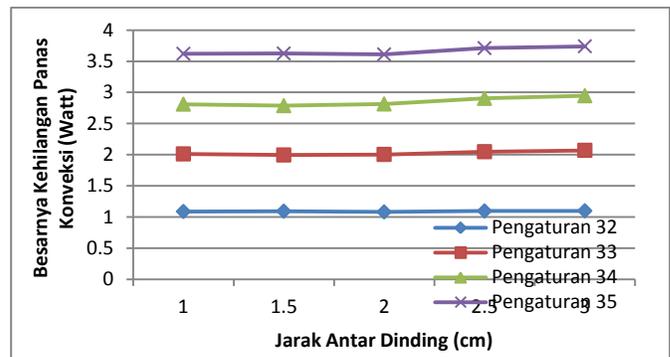
Pada kehilangan panas secara evaporasi, besarnya kehilangan panas secara evaporasi diasumsikan sama. Besarnya kehilangan panas evaporasi sebesar 2,95 Watt sama seperti pada penelitian Ginalski dkk [18]. Hal ini dikarenakan variabel fisis pada bayi yang digunakan pada pemodelan simulasi ini mengacu pada variabel fisis bayi pada penelitian tersebut. Selain itu kehilangan panas evaporasi dipengaruhi oleh perbedaan tekanan parsial uap air kulit dengan permukaan kulit bayi dan udara luar. Sehingga variasi jarak antar dinding tidak berpengaruh pada jumlah besarnya kehilangan panas evaporasi. Kehilangan panas secara konveksi pada tubuh bayi yang dilihat dari besarnya kehilangan panas pada dinding, tidak banyak perbedaan walaupun diberi perubahan terhadap jarak antar dinding. Variasi pengaturan temperatur ruang inkubator juga tidak memberikan pengaruh terhadap pola kehilangan panas secara konveksi. Jadi untuk satu jenis variasi jarak antar dinding, besarnya koefisien panas konveksi adalah sama pada berbagai pengaturan temperatur. Hal ini dipengaruhi oleh miripnya profil aliran udara pada setiap variasi jarak antar dinding maupun pengaturan temperatur ruang inkubator. Jika dihitung menggunakan persamaan (2), maka besarnya kehilangan panas (Watt) dapat diketahui. Besarnya kehilangan panas konveksi tubuh bayi cenderung meningkat pada variasi jarak antar dinding sebesar 2,5 cm dan 3 cm dengan berbagai pengaturan temperatur seperti yang ditampilkan pada di bawah ini.



Gambar 7. Profil kecepatan aliran udara rata-rata.

Tabel 2. Kehilangan panas radiasi (W/m²) tubuh bayi pada berbagai modifikasi jarak antar dinding dengan pengaturan temperatur tertentu

Jarak Antar Dinding (cm)	Pengaturan Temperatur (°C)			
	32	33	34	35
1	4,239	1,599	-0,721	-3,099
1,5	4,240	1,593	-0,718	-3,166
2	4,197	1,582	-0,716	-3,112
2,5	4,234	1,600	-0,723	-3,098
3	4,211	1,578	-0,719	-3,120



Gambar 8. Grafik laju kehilangan panas tubuh bayi.

D. Kelembaban Relatif (RH)

Besarnya kelembaban relatif yang diperoleh dari setiap variasi jarak antar dinding maupun variasi pengaturan temperatur nilainya identik satu sama lain, walaupun ada perbedaan namun tidak lebih dari 1%. Dapat dikatakan variasi jarak antar dinding tidak berpengaruh terhadap besarnya kelembaban relatif dalam inkubator. Hal ini dikarenakan kelembaban relatif dipengaruhi oleh temperatur rata-rata ruang inkubator. Dan dikarenakan pada hasil perhitungan kelembaban relatif tersebut pembulatan angka hanya sampai 2 desimal saja, sehingga kelembaban relatif terlihat sama. Dimana pada pengaturan temperatur 32°C, kelembaban relatif pada setiap modifikasi jarak antar dinding sebesar 1 cm, 1,5 cm, 2 cm, dan 2,5 cm adalah sama. Kenyaman termal pada semua jenis modifikasi jarak antar dinding dengan berbagai pengaturan temperatur berada pada kategori nyaman dengan kondisi kulit kering wajar.

Tabel 3.

Kelembaban relatif (%) pada berbagai modifikasi jarak antar dinding dan pengaturan temperatur tertentu

Jarak Antar Dinding (cm)	Pengaturan Temperatur (°C)			
	32	33	34	35
1	69	65,23	62,68	59,16
1,5	69	65,19	62,63	59,15
2	69	65,23	62,63	59,16
2,5	69	65,12	62,39	59,26
3	68,7	65,13	62,31	59,26

Pengaturan temperatur sebesar 35°C pada semua variasi jarak antar dinding, besarnya nilai RH sesuai dengan kriteria keselamatan dan kenyamanan bayi dalam inkubator yaitu pada kisaran 50% sampai 60%. Karena besarnya kelembaban relatif atau RH pada pengaturan temperatur tersebut berada pada kisaran 59,16% sampai 59,26%. Kisaran nilai kelembaban relatif tersebut juga dapat mengurangi hilangnya panas evaporasi. Hal ini berdasarkan penelitian Ginalski dkk, yang menyatakan bahwa kelembaban relatif tinggi dapat mengurangi resiko kehilangan panas evaporasi [18]. Dimana kelembaban relatif yang digunakan dalam penelitian tersebut sebesar 60%.

IV. KESIMPULAN

Dari hasil simulasi dan analisa aliran udara, distribusi temperatur, dan kelembaban ruang inkubator berdinding ganda, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut.

1. Temperatur rata-rata pada berbagai variasi jarak antar dinding identik satu sama lain dengan perbedaan yang tidak lebih dari 1°C. Selisih antara temperatur rata-rata dengan temperatur atur cenderung menurun pada variasi jarak antar dinding 2,5 cm dan 3 cm. Dimana selisih tersebut menurun hingga 0,26%. Sehingga inkubator dengan modifikasi jarak antar dinding 2,5 cm dan 3 cm adalah yang paling baik jika dilihat dari distribusi temperatur rata-rata.
2. Modifikasi jarak antar dinding tidak berpengaruh terhadap kecepatan aliran udara, kehilangan panas radiasi, dan kehilangan panas konveksi. Karena aliran udara dalam ruang inkubator berkecepatan sangat rendah. Kehilangan panas konveksi tubuh bayi pada variasi jarak antar dinding sebesar 2,5cm dan 3cm cenderung meningkat 0,011 Watt hingga 0,13 Watt.
3. Kelembaban relatif pada berbagai variasi jarak antar dinding juga identik. Perbedaan antar variasi jarak antar dinding dengan berbagai pengaturan temperatur tidak lebih dari 1%. Pengaturan temperatur 35°C pada berbagai variasi jarak antar dinding adalah yang paling baik karena memenuhi kriteria keselamatan dan nyaman bayi dalam inkubator.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Bahraen, Raehanul. 2011. Batasan Bayi Prematur Ternyata Sudah Ada Dalam Islam Sejak Dulu. Dikutip dari: http://pribaditaat.blogspot.com/2011/11/batasan-bayi-prematur-ternyata-sudah_20.html (diakses pada tanggal 12 September 2012)
- [2] Choeruman, Sovian. 2010. Metode Kanguru untuk Anak Prematur. Available : <http://sovianchoeruman.wordpress.com/2010/07/26/metode-kanguru-untuk-bayi-premature/>
- [3] Setyaningsih, Noor Y. D. 2010, *Pembuatan Perangkat Lunak Monitoring Temperatur dan Kelembaban Pada Inkubator Bayi Menggunakan Borland Delphi 7.0*. Tugas Akhir. Universitas Diponegoro, Semarang.
- [4] Putri, Suryarini. 2011. Termoregulasi. Available: <http://putrisuryarini.blogspot.com/2011/05/termoregulasi.html>
- [5] Indrasanto, E., N. Dharmasetiawati, R. Rohsiswanto, R. K. Kaban. 2010. Termoregulasi Neonatus, Ikatan Dokter Anak Indonesia (IDAI). Available:[http://www.hsp-prs.org/Jakarta/2010/J3214/MNERC%20work-shop_30-31%20March%202010_RSCM/J3.2.1.4_LOKAKARYA%20UGD%20Ma-ret-%20%202010/MNERC/Termoregulation%20DR%20ID\(2\).ppt](http://www.hsp-prs.org/Jakarta/2010/J3214/MNERC%20work-shop_30-31%20March%202010_RSCM/J3.2.1.4_LOKAKARYA%20UGD%20Ma-ret-%20%202010/MNERC/Termoregulation%20DR%20ID(2).ppt)
- [6] Tjipta, Guslihan Dasa., Azlin, Emil., Sianturi, Pertin., Lubis, Bugis Mardina. 2011. Termoregulasi pada Neonatus. Medan. DIVISI PERINATOLOGI Departemen Ilmu Kesehatan Anak. FK USU/RSUP H. Adam Malik Medan. Available: http://ocw.usu.ac.id/course/download/1125-NEONATOLOGI-ATAU-PERINATOLOGI/ka_172_slide_termoregulasi_pada_neonatus.pdf
- [7] Koch, Joachim and Wolfgang Franz. 1998. Incubator for Tomographic Examinations. United States Patent, No. 5,800,335
- [8] Kobayashi, Shinichi, E. Koike and Kazuo Matubara. 1998. Infant Incubator. United States Patent, No. 5,797,833
- [9] Yeh, T. F., S. Voora, L. D. Lilien, J. Matwynshyn, G. Srinivasan, R.S. Pildes, (1980). Oxygen consumption and insensible water loss in premature infants in single- versus double-walled incubators. The Journal of Pediatrics, Vol.97, Issue 6. Pp. 967-971
- [10] Laroia N, Phelps D. L, Roy J. 2007. Double wall versus single wall incubator for reducing heat loss in very low birth weight infants in incubators. Cochrane Database Syst Rev. Apr 18;(2):CD004215.
- [11] Wahyuono, Ruri Agung. 2012. *Analisis Distribusi Temperatur dan Aliran Udara pada Inkubator Bayi dengan Variasi Tipe Dinding dan Overhead Screen*. Tugas Akhir. Teknik Fisika, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- [12] Theo, Indra. 2011. "Sudden Infant Death Syndrome", Jarang tapi Fatal. Available: <http://www.tanyadok.com/anak/sudden-infant-death-syndrome-jarang-tapi-fatal>
- [13] Mohamad. 2010. Lemak Coklat pada Bayi. Available: <http://collateral-mohamad.blogspot.com/2010/03/lemak-coklat-pada-bayi.html>
- [14] Dollberg, Shaul & Hoath, Steven B. 2001, "Temperature Regulation in Preterm Infants: Role of The Skin-Environment Interface," *NeoReviews* 2001;2:282. DOI: 10.1542/neo.2-12-e282.
- [15] Ulfa, Lustiyah. 2012. *Analisis Temperatur dan Aliran Udara pada Sistem Tata Udara di Gerbong Kereta Api Penumpang Kelas Ekonomi dengan Variasi Bukaannya Jendela*. Tugas Akhir. Teknik Fisika, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- [16] Stoecker, Wilbert F. 1994. *Refrigerasi dan Pengkondisian Udara*. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- [17] Satwiko, Prasato. 2008. *Fisika Bangunan*. Yogyakarta: Penerbit ANDI.
- [18] Ginalski, Maciej K., A. J. Nowak, L. C. Wrobel. 2007. A combined study of heat and mass transfer in an infant incubator with an overhead screen. Medical Engineering & Physics, Vol. 29, pp. 531-541