

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Teori bangunan sehat

Bangunan sehat menurut WHO (*World Health Organization*) adalah bangunan yang digunakan sebagai tempat berlindung yang dilengkapi fasilitas dan dapat menjaga kesehatan jasmani, rohani dan keadaan sosial pelaku aktivitas di dalamnya. Bangunan sehat yang dapat menampung pelaku aktivitas di dalamnya tidak lepas dari penyakit yang dapat ditimbulkan oleh pelaku itu sendiri, diperlukan ventilasi yang tepat, dan pemilihan bahan material yang tepat guna mencegah terjadinya penyakit (Hindarto, 2007). Menurut Entjang (2000), tidak hanya mencegah dari penyakit bangunan sehat harus mampu memenuhi kebutuhan dasar fisik dan psikologis, menghindarkan dari kecelakaan yang berpengaruh pada bentuk bangunan. Jika penempatan ventilasi dan pemilihan bahan material sesuai dengan standar bangunan sehat maka akan menciptakan kehidupan yang sempurna baik fisik, rohani, maupun sosial (Sanropie dkk, 1989)

2.2 Tuntutan persyaratan bangunan sehat

Terdapat standar persyaratan bangunan sehat menurut Keputusan Menteri Kesehatan Indonesia No.829/Menkes/SK/VII/1999 adalah sebagai berikut:

1. Bahan Bangunan

Tidak terbuat dari bahan yang dapat membahayakan kesehatan, dan bukan dari bahan yang dapat menjadi tempat berkembangnya mikroorganisme yang dapat menyebabkan penyakit.

2. Komponen penataan ruang
Bangunan harus memiliki ventilasi, penyusun lantai kedap air dan tidak lembab, bangunan mudah dibersihkan dan tidak rawan terjadinya kecelakaan.
3. Pencahayaan
Pencahayaan alami atau buatan harus dapat menerangi seluruh ruangan dengan intensitas penerangan 60 lux dan tidak menyilaukan mata.
4. Kualitas udara
Memiliki suhu udara nyaman antara 18° C - 30° C dengan kelembaban udara antara 40 – 70 %.
5. Bebas penyakit
Tidak terdapat sarang hama di dalam bangunan yang dapat menularkan penyakit.
6. Tersedianya air bersih
Tersedianya air bersih minimal 60 liter/orang/hari dengan kualitas air memenuhi kesehatan air bersih menurut Permenkes 416 tahun 1990 dan Kepmenkes 907 tahun 2002.
7. Limbah
Tidak mencemari air bersih, tidak mencemari permukaan tanah dan harus dikelola agar tidak mencemari air tanah.

Tidak hanya Keputusan Menteri Kesehatan, adapun standar persyaratan bangunan sehat menurut Dirljen Cipta Karya tahun 1997, yaitu:

1. Lantai kedap air dan tidak lembab.
2. Memiliki ventilasi dengan luas minimal 10% luas lantai.
3. Dinding kedap air dan dapat menahan angin, hujan, panas, debu, dan gangguan lingkungan luar.
4. Atap bangunan harus dapat menahan panas matahari, masuknya debu, angin dan hujan.
5. Material bangunan harus menjamin keamanan dari kecelakaan yang mungkin terjadi seperti kebakaran, runtuhnya bangunan karena keawetan material.
6. Bebas dari pencemaran limbah.

Standar persyaratan bangunan sehat yang dijelaskan diatas dapat digunakan sebagai acuan dasar minimal bangunan sehat pada penelitian ini yaitu dengan menggabungkan dan menyesuaikan peraturan dari Menteri Kesehatan dan Dirljen Cipta Karya.

2.3 Tuntutan persyaratan kandang

Kandang memiliki standar persyaratan minimal yang harus dipenuhi guna memberikan keselamatan, dan kelancaran dalam beternak. Adapun surat keputusan yang dikeluarkan oleh Direktur Jendral Peternakan Dirljenak No. 776/kpts/DJP/Deptean/1982. Surat keputusan tersebut mengatur syarat-syarat teknis kandang sapi perah yang tercantum pada bab 2 pasal 5 sebagai berikut:

1. Kandang memenuhi daya tampung, antara lain luas lantai yang tidak termasuk jalur jalan dan selokan kandang.
2. Ventilasi dan pertukaran udara di dalam kandang harus terjamin. Udara segar dapat masuk ke dalam kandang dan udara kotor harus dapat keluar dari kandang.
3. Bangunan kandang mengikuti persyaratan teknis, ekonomis dan permanen atau semipermanen. Lantai kandang terbuat dari material yang tidak licin. Lantai dan saluran pembuangan yang mudah dibersihkan.
4. Penataan kandang harus memperhatikan aliran air, udara dan penghantar lainnya sehingga tidak terjadi pencemaran dari kandang ternak.

Selain surat keputusan dari Direktur Jendral Peternakan terdapat keputusan yang dikeluarkan oleh Menteri Pertanian No.422/Kpts/OT.210/7/2001 mengenai pedoman budidaya ternak sapi perah yang baik. Dari keputusan Menteri Pertanian tersebut yang berhubungan dan berkaitan dengan kandang sapi adalah sebagai berikut:

1. Lokasi harus sesuai dengan RDTR dan memenuhi tata guna lahan sesuai peraturan perundangan yang berlaku.
2. Tersedia air bersih yang memenuhi mutu air sehat yang dapat dikonsumsi oleh manusia dan ternak serta tersedia sepanjang tahun.
3. Konstruksi kandang harus kuat dan nyaman bagi ternak dan karyawan yang bekerja.
4. Sirkulasi udara di dalam kandang harus lancar dan memenuhi daya tampung.

5. Lantai harus terbuat dari material yang tidak licin sehingga dapat membahayakan aktivitas di dalamnya.
6. Kandang harus mempunyai drainase yang baik dan lancar.
7. Jarak antara aktivitas kandang dan non kandang minimal 25 meter.
8. Pelestarian lingkungan harus dilakukan dengan cara menyusun pengolahan limbah, penanaman vegetasi di area peternakan.

Kandang merupakan hal yang utama diperlukan bagi semua hewan peternakan, karena merupakan tempat untuk berlindung dari gangguan faktor luar seperti iklim terutama untuk sapi perah, karena sapi perah mempunyai sifat yang sensitif terhadap kondisi lingkungan sekitar kandang. Menurut Erif (2011) dalam pembuatan kandang sapi perah perlu memiliki kriteria khusus agar sapi bisa nyaman. Adapun beberapa hal yang harus diperhatikan dalam perancangan kandang:

1. Kandang harus memperhatikan jangka panjang setidaknya hingga dua puluh tahun kedepan dengan pertimbangan renovasi.
2. Letak kandang sapi perah harus lebih tinggi dari lingkungan sekitar.
3. Harus memperhatikan kondisi suhu lingkungan sekitar, suhu ideal untuk ternak tropis berkisar antara 10 °C - 27 °C (Williamson dan Payne, 1968 ; McDowell, 1980 ; Taffal, 1981).
4. Sirkulasi dan ventilasi udara kandang diatur dengan baik agar sapi tidak terkena sinar matahari langsung.

Keempat kriteria diatas dapat digunakan sebagai standar minimal untuk kandang sapi perah agar mendapatkan produksi susu sapi yang optimal.

2.4 Teori termal bangunan

Kondisi termal bangunan merupakan faktor karakteristik dari aspek penyusun bangunan yang dipengaruhi oleh suhu udara dalam dan luar bangunan. Kemampuan bangunan merespon lingkungan bergantung pada desain bentuk, material, susunan ruang, dan teknologi konstruksi (Evans, 1980). Termal di dalam bangunan akan berpengaruh pada pelaku aktivitas berdasar fungsi bangunan di dalamnya oleh karena itu kondisi termal di dalam bangunan harus seimbang agar mencapai kondisi nyaman bagi pelaku di dalamnya (Szokolay, 1980). Kemampuan bangunan menyeimbangkan kondisi di dalam bangunan adalah dengan merespon kondisi lingkungan melalui ventilasi, bentuk atap, dimensi, material dan bahan yang digunakan (Evans, 1980). Tidak hanya bangunan berupa gedung dan perumahan yang dihuni oleh manusia, bangunan yang dihuni oleh hewan ternak juga melakukan respon terhadap kondisi lingkungan sekitar meliputi atap, dinding dan lantai (Payne, 1968).

2.5 Teori termal bangunan kandang

Bangunan kandang memiliki kriteria khusus untuk mencapai kenyamanan bagi hewan ternak, kenyamanan tersebut berpengaruh pada tingkat produktivitas hewan seperti pada sapi perah (Williamson, 1993). Menurut Payne (1968), tingkat keseimbangan termal di dalam bangunan kandang tergantung pada desain bangunan meliputi ventilasi, atap, dinding dan lantai. Kecepatan angin yang diterima kandang dapat menstabilkan kondisi termal di dalam kandang yang berdampak pada produktivitas sapi perah (Coolier, 1986). Tidak hanya desain bentuk bangunan, tetapi pemilihan material yang memiliki nilai isolator tinggi dapat menciptakan suhu yang stabil di dalam bangunan (Martawijaya, 1986). Berdasarkan teori tersebut, untuk menyeimbangkan termal di dalam kandang dipengaruhi oleh sumber panas yang diterima kandang, ketepatan dalam mengkondisikan suhu di dalam kandang, kondisi angin yang diterima dan pemilihan material pada kandang.

2.5.1 Sumber panas pada bangunan kandang

Ada beberapa macam sumber panas di dalam bangunan menurut Dixon (1960) yaitu sumber panas alat, aktivitas pelaku, dan lingkungan. Sumber panas alat adalah panas yang berasal dari benda mekanis, sumber panas aktivitas adalah panas di dalam ruangan yang disebabkan oleh metabolisme yang keluar dari tubuh pelaku aktivitas, sedangkan sumber panas lingkungan adalah panas yang disebabkan oleh faktor alam meliputi panas matahari dan angin sehingga menyebabkan perpindahan panas secara konduksi, konveksi, dan radiasi (Soegijanto, 1999).

Perpindahan panas konduksi terjadi melalui atap dan dinding bangunan dengan arah masuk dan keluar bangunan. Perpindahan panas secara konveksi terjadi karena aliran udara yang masuk dan keluar melalui bukaan ventilasi. Perpindahan panas radiasi adalah pancaran sinar gelombang yang diterima permukaan bangunan dan diterima dari lingkungan di sekitar bangunan (Soegijanto, 1999). Perpindahan panas secara konduksi, konveksi, dan radiasi juga dapat terjadi pada kandang ternak seperti sapi perah. Dimana panas yang diterima kandang membuat sapi menghasilkan panas metabolisme yang dikeluarkan meliputi berat tubuh, makanan yang dikonsumsi dan kondisi lingkungan disekitar yang berpengaruh pada suhu udara. Sehingga panas yang dihasilkan di dalam kandang merupakan komponen keseimbangan suhu udara dengan struktur kandang (Esmay, 1960).

Keseimbangan suhu udara dalam kandang sapi perah dapat diprediksi karena proses perpindahan panas yang terjadi secara konveksi dari atap kandang ke udara, dan melalui bukaan ventilasi yang masuk maupun keluar (Esmay dan Dixon, 1986). Perpindahan panas secara konveksi dipengaruhi oleh udara, kecepatan angin dan suhu lingkungan. Perpindahan panas secara radiasi di dalam kandang terjadi antara kulit sapi perah dengan lingkungan di sekitarnya. Perpindahan panas secara konduksi terjadi pada atap, dinding bangunan, material bangunan, air minum sapi, dan tubuh sapi. Perpindahan panas konduksi sangat dipengaruhi oleh konduktivitas bahan material dan suhu lingkungan. Semakin besar nilai konduktivitas bahan material tersebut maka semakin cepat perambatan panas yang terjadi (Esmay dan Dixon, 1986).

2.5.2 Pengkondisian suhu dalam kandang

Bangunan kandang jika mengalami perpindahan panas secara konduksi, konveksi dan radiasi akan membuat suhu tubuh ternak menjadi meningkat dan menyebabkan suhu tubuh hewan ternak tidak seimbang, hal ini dipengaruhi oleh kondisi kandang sapi perah (Wagner, 2001). Untuk mengkondisikan kandang sapi perah harus memperhatikan bukaan ventilasi yang memadai, ukuran kandang yang sesuai dengan jumlah kapasitas, dan atap pada kandang (Helickson, 1983).

Mengkondisikan suhu di dalam kandang dapat menggunakan sistem pendingin buatan dan alami, sistem pendingin buatan yaitu menggunakan alat bantu yang dapat mendinginkan suhu di dalam maupun disekitar kandang, sedangkan sistem pendingin alami yaitu menggunakan tanaman atau vegetasi yang dapat menahan panas matahari dan membantu menyalurkan udara kedalam kandang (Brockett, 1987).

Menurut Susilo (2013) ada beberapa metode untuk mengkondisikan suhu di dalam kandang dengan sistem pendingin buatan sebagai berikut:

a. Mengusahakan atap agar tetap dingin

Atap kandang sapi perah merupakan penyusun kandang yang paling berpotensi menyalurkan panas yang tinggi. Pemilihan material dan teknis membuat atap tetap dingin adalah salah satu cara untuk mengusahakan atap tetap dingin

b. Penggunaan *exhaust fan*

Penggunaan *exhaust fan* merupakan strategi untuk mendinginkan suhu udara di dalam kandang yaitu dengan cara menyedot angin atau udara luar bangunan untuk masuk ke dalam bangunan



Gambar 2.1 *Exhaust fan*
Sumber: bvettelampung.com

c. Sistem pipa bawah tanah (*under ground pipe*)

Suhu di bawah tanah lebih rendah dibandingkan suhu di udara. Salah satu cara mendinginkan suhu di dalam kandang adalah dengan menggunakan teknik pipa dibawah tanah. Teknik pipa bawah tanah dapat menurunkan suhu 8°C - 10°C dengan cara udara dingin yang melewati pipa dialirkan ke kandang sapi perah.

d. *Exit lane sprinklers*

Exit lane sprinkle adalah cara mendinginkan suhu tubuh sapi dengan menyemprotkan air disepanjang jalan keluar kandang. Cara ini dapat membuat sapi merasa nyaman, namun cara ini dianggap kurang efektif karena perlu persediaan air bersih yang sangat banyak.

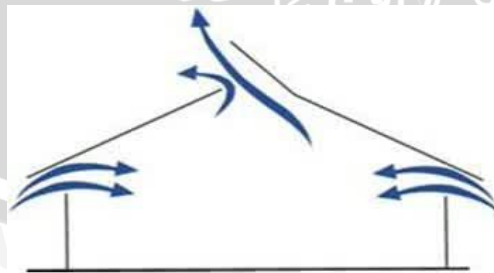


Gambar 2.2 Exit lane sprinklers

Sumber: bvetlampung.com

e. Ventilasi dua arah

Ventilasi dua arah dapat memperlancar sirkulasi udara dan lepasnya panas dengan cara konveksi. Pertukaran udara di dalam kandang tergantung pada tekanan angin yang diterima kandang.



Gambar 2.3 Ventilasi dua arah

Sumber: bvetlampung.com

f. *Cooling fan*

Teknik *cooling fan* merupakan salah satu cara membuat suhu tubuh sapi menjadi cepat dingin. *Cooling fan* sering dipakai pada kandang *freestall* dan kandang asal (*holding pen*) yang bisa dikombinasi dengan *sprinkle*. Penggunaan *Cooling fan* harus memenuhi standar kecepatan tinggi dan tidak menimbulkan kebisingan. Perlunya pemasangan teknik ini jika kandang berukuran besar dan sapi dalam jumlah besar.







Gambar 2.4 Cooling fan

Sumber: bvetlampung.com

Menurut Albright (1987), pendingin alami panas lingkungan adalah berupa vegetasi yang ditanam disekitar bangunan, dimana vegetasi membantu mengurangi polusi udara dan panas matahari. Menurut Dinas Pemerhati Kehutanan dan Lingkungan, tanaman yang dapat dijadikan sebagai pendingin alami adalah yang memiliki lebar lebih dari 5 meter. Penerapan vegetasi yang disusun secara vertikal atau tumbuhan disekitar bangunan mampu membantu mengurangi panas dinding sebesar 2° C (Braatz, 1993).

Adapun beberapa contoh vegetasi yang dapat digunakan untuk membantu mengurangi panas disekitar dan didalam kandang:

Tabel 2.1 Jenis vegetasi pendingin alami

Jenis vegetasi	Spesifikasi
 <p>Pohon angsana (<i>Pterocarpus indicus</i>)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Bertajuk lebar • Lebar 10-15 meter • Tinggi 15-20 meter • Jenis vegetasi peneduh
 <p>Pohon kiara payung (<i>Filicium decipiens</i>)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Bertajuk lebar • Lebar 5-10 meter • Tinggi 10-15 meter • Jenis vegetasi peneduh • Lebih efisien tempat
 <p>Pohon tanjung (<i>Mimusops elengi</i>)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Bertajuk lebar • Lebar 5-10 meter • Tinggi 10-15 meter • Jenis vegetasi peneduh • Lebih efisien tempat
 <p>Vertical garden</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Sebagai pendingin udara • Mengurangi panas pada dinding

Sumber: saxena (2001)

2.5.3 Pengaruh angin pada kandang

Kecepatan angin adalah salah satu yang dapat mempengaruhi produktivitas ternak secara langsung selain suhu, kelembaban udara, dan radiasi (Beede dan Coolier, 1986). Kecepatan angin sekitar 1,125m/detik membuat kerja metabolisme ternak menjadi optimal terutama pada sapi sehingga membuat sapi tidak mengalami *heat stress* (Hadi, 1995). *Heat stress* yang diterima oleh sapi FH sebenarnya dapat direduksi oleh angin dengan kecepatan tertentu. Menurut Beede dan Coolier (1986), angin memang dapat digunakan untuk mereduksi *heat stress* pada ternak sapi perah.


Dari efek kecepatan angin menciptakan konveksi panas dari atap dan material penyusun kandang sehingga meningkatkan temperatur udara dan menurunkan kerapatan udara dalam kandang yang mengakibatkan terjadinya aliran udara yang keluar dan masuk melalui ventilasi kandang (Esmay, 1960). Akibat faktor tersebut, aliran udara pada bukaan kandang yang masuk dan keluar akan sama besarnya jika angin yang diterima kandang memiliki kecepatan yang tetap, hal ini memberikan gambaran bukaan yang berfungsi sebagai saluran masuk dan saluran keluarnya udara (Brockett dan Albright, 1987).

2.5.4 Penghawaan kandang

Penghawaan adalah pembaharuan atau pergantian udara di dalam ruangan baik melalui penghawaan buatan maupun alami dengan tujuan menciptakan kenyamanan di dalam ruang (Suptandar, 1982). Pada dasarnya penghawaan alami di dalam bangunan merupakan jaminan akan adanya aliran udara yang baik dan sehat, penghawaan dibagi menjadi 2 yaitu penghawaan buatan dan penghawaan alami. Penghawaan buatan adalah sistem pergantian udara dalam ruangan yang menggunakan alat atau mesin dengan pertimbangan udara luar yang ekstrim sehingga mempengaruhi kondisi panas di dalam ruangan. Sedangkan Penghawaan alami sangat bergantung pada angin disekitar bangunan dengan memanfaatkan sistem *cross ventilation* dengan syarat harus terdapat 2 bukaan yang berjauhan agar angin bisa masuk kedalam ruangan.

Penghawaan buatan pada kandang dapat menggunakan alat bantu berupa kipas penyedot atau terowongan angin sehingga pergantian udara di dalam ruangan lancar. Pemberian kecepatan angin melalui terowongan angin yang dibuat dalam kandang dapat menurunkan suhu (4,2°C) dan kelembaban (6,0%) dalam kandang (Smith dkk, 2005). Berikut beberapa contoh penghawaan yang bisa digunakan pada kandang sapi:

Tabel 2.2 Penghawaan pada kandang sapi

PENGHAWAAN ALAMI	PENGHAWAAN BUATAN
	
<ul style="list-style-type: none"> • Udara baru atau segar yang mengalir dari lubang angin <i>inlet</i> dan udara kotor dibuang melalui <i>outlet</i> yang berhadapan. 	<ul style="list-style-type: none"> • Menggunakan kipas penyedot angin untuk membantu penghawaan di dalam kandang, dimana pertukaran udara sangat cepat dan kecepatan angin dapat diatur secara optimal

Sumber: Smith dkk (2005)



A. Ventilasi


Ventilasi pada bangunan peternakan digunakan untuk mengendalikan suhu, kelembaban udara, kotoran ternak dan pergerakan udara sehingga kondisi lingkungan mikro yang dibutuhkan ternak dapat terpenuhi. Ventilasi terjadi jika terdapat perbedaan tekanan udara. Ventilasi dengan tekanan udara tertentu dapat mempengaruhi kecepatan pergerakan udara, arah pergerakan, intensitas dan pola aliran serta rintangan setempat (Takakura, 1979). Laju ventilasi minimum pada kandang biasanya didasarkan pada kebutuhan pergerakan udara untuk kontrol kelembaban (Esmay, 1986).

Di daerah tropis seperti Indonesia, ventilasi bangunan kandang biasanya menggunakan ventilasi alami karena dapat menekan biaya dan tenaga kerja dibandingkan dengan ventilasi lainnya. Ventilasi alami terjadi karena adanya perbedaan tekanan udara akibat faktor angin dan faktor termal. Faktor angin dan termal ini dimanfaatkan untuk menggerakkan udara dan menentukan laju ventilasi alami yang terjadi. Laju ventilasi alami memiliki hubungan yang linier dengan kecepatan udara dan tergantung pada perbedaan tekanan udara yang ditimbulkan oleh perbedaan temperatur lingkungan (Takakura, 1979). Laju pertukaran udara dipengaruhi oleh total luas bukaan, arah bukaan, kecepatan angin dan perbedaan temperatur di luar dan di dalam kandang (Mastalerz, 1977). Kontrol manual sistem ventilasi alami dapat dilakukan dengan pembukaan dan penutupan lubang ventilasi serta pengaturan bukaan pada dinding (Takakura, 1979).

Menurut Soetarno, (2003) adapun beberapa jenis ventilasi yang digunakan pada kandang sapi perah yaitu *tunnel system*, *full closed house*, dan *closed house*. Berikut adalah ventilasi yang digunakan:

Tabel 2.3 Ventilasi pada kandang sapi

 <p style="text-align: center;"><i>Tunnel system</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> • Menggunakan kipas dan tirai, tanpa sistem pendingin • Sangat cocok digunakan pada daerah yang memiliki panas ekstrim • Bentuk kandang memanjang sebagai terowongan penghawaan
 <p style="text-align: center;"><i>Full closed house</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> • Menggunakan kipas, tirai, sistem pendingin, dan dinding • Dapat digunakan pada daerah tropis • Menggunakan peletakkan posisi sapi <i>head to head</i>

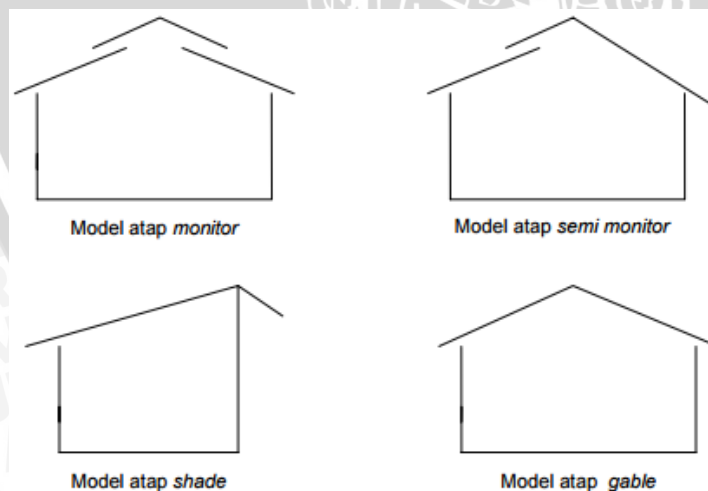
	<ul style="list-style-type: none"> • Sistem pemerahan, ventilasi, atap, pengatur suhu dan kelembaban menggunakan sistem otomatis • Digunakan untuk kandang yang memiliki dimensi yang besar
---	---

Closed House

Sumber: Soetarno (2003)

B. Atap dan Dimensi

Atap pada bangunan umumnya digunakan sebagai naungan dari paparan radiasi matahari. Bentuk dan model atap harus menghasilkan sirkulasi yang baik di dalam kandang, sehingga dapat mengurangi panas dan pertukaran udara menjadi sempurna. Terdapat beberapa bentuk atap kandang yaitu monitor, semi monitor, gable dan shade, masing-masing bentuk atap diperuntukkan untuk daerah yang berbeda, untuk daerah dataran tinggi menggunakan atap bentuk shade atau gable, sedangkan untuk dataran rendah menggunakan atap monitor atau semi monitor (Mulyadi dan marsandi, 2007).



Gambar 2.5 Tipe atap

Sumber: lolitsapi.litbang.pertanian.go.id

Dimensi bangunan kandang harus bisa memenuhi daya tampung sehingga tidak terjadi overload, belum terdapat standar dasar ukuran kandang di Indonesia namun menurut Unit *Teaching and Research Farm* Fakultas Peternakan Unsoed patokan dasar untuk kandang sapi perah adalah sebagai berikut:

1. 6m x 12m atau 6m x 15m untuk kapasitas sapi 20 ekor dengan sistem *head to head* dan 15 ekor sapi dengan sistem *freestall*.
2. 6m x 33m untuk kapasitas sapi 42 ekor dengan sistem *head to head* dan 35 ekor sapi dengan sistem *freestall*.

2.5.5 Karakteristik material

Material dan bahan bangunan adalah komponen utama dalam mendirikan bangunan. Material struktur yang umum digunakan adalah sebagai berikut:

1. Material Kayu

Struktur kayu merupakan struktur yang memiliki ketahanan yang cukup dan memiliki nilai ekonomis, namun memiliki kelemahan pada api dan pelapukan.

2. Material Baja

Struktur baja memiliki tingkat ketahanan yang tinggi bila dibandingkan material yang lain, namun memiliki gaya berat dan penyaluran panas yang tinggi.

3. Material Beton

Struktur beton paling banyak digunakan karena strukturnya lebih solid dan mempunyai jangka waktu yang panjang, namun memerlukan jangka waktu pengerjaan lebih lama dibandingkan material lainnya.

4. Material Komposit

Merupakan struktur gabungan dari dua jenis material atau lebih. Umumnya sering menggunakan kombinasi baja struktural dengan beton bertulang dan cocok digunakan untuk bangunan tingkat menengah sampai tinggi.

Untuk memenuhi kebutuhan termal salah satu kriteria dasar harus dipenuhi untuk melengkapi fungsi dalam mengatasi panas adalah berat benda, kapasitas penyimpanan panas, penyaluran panas dan tebal bahan material. Untuk material bangunan sebaiknya dapat

memantulkan radiasi dan tidak memiliki sifat menyerap panas yang membuat temperatur di dalam bangunan menjadi tinggi. Menurut Rosenlund (2000), material memiliki kemampuan melawan panas yang disebut:

1. *Density*

Merupakan perbandingan berat dan volume dengan satuan kg/m^3 , semakin kecil nilai *density*nya semakin besar nilai isolatornya.

2. *Conductivity*

Merupakan kemampuan material menghantarkan panas secara konduksi dengan satuan W/mK , semakin kecil nilai konduksinya maka semakin besar nilai isolatornya.

3. *Specific heat*

Merupakan kemampuan material dalam menyimpan panas dengan satuan Wh/kgK , material yang memiliki nilai *specific heat* yang tinggi berarti material tersebut mempunyai kemampuan menyimpan panas yang tinggi pula.

Adapun beberapa jenis dan material beserta nilai koefisien panas dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 2.4 Data karakteristik bahan terhadap panas

Bahan bangunan	Gaya berat ρ kg/m^3	Kapasitas penyimpanan panas C_p Wh/kg K	Penyaluran panas λ W/m K	Tebal bahan mm
Batu bata	1'400	0.26	0.52	120
Beton	1'800	0.30	1.15	100
Beton bertulang	2'300	0.30	2.30	100
Beton ringan berpori	500	0.44	0.16	100
Kayu lunak	500	0.65	0.14	20
Kayu keras	800	0.55	0.21	20
Baja	7'850	0.13	60.0	0.2

Sumber: Satwiko (2009)

A. Atap

Material atap bangunan sangat berpengaruh terhadap panas di dalam bangunan, dalam pemilihan material atap hendaknya dipilih material yang tidak menyerap panas. Berikut adalah tabel panas material pada atap:

Tabel 2.5 Data karakteristik material atap terhadap panas

Material	Suhu (°C)
Asbes	26,5
Seng	27
Rumbia	26,4
Genteng	26,7
Rangka baja truss	26,9
Fiber	26,7

Sumber: Gatenby dkk (1986)

Dari tabel diatas menunjukkan bahwa material atap yang menghantarkan panas tertinggi adalah material seng, sedangkan material penghantar panas terendah adalah rumbia. Daun rumbia merupakan material alami yang memiliki nilai ekonomis yang tinggi namun memiliki daya tahan yang rendah sehingga membutuhkan perawatan yang rutin.

B. Dinding

Material dinding bangunan adalah salah satu komponen penyusun bangunan yang dapat mengurangi panas di dalam bangunan. Menurut Martawijaya (1986) material dinding memiliki kemampuan menahan panas dari luar bangunan sebelum masuk ke dalam bangunan, adapun beberapa material yang memiliki kemampuan menahan panas yang baik sebagai berikut:

tabel 2.6 Data ketahanan material dinding terhadap panas

Jenis material dinding	Penggunaan ketebalan (cm)	Mampu menahan panas (jam)
Batu alam	30	8
Beton	15	3,8
Batu bata	10	2,3
Kayu	5	1,3

Sumber: Hindarto (2011)

Dari tabel diatas menunjukkan bahwa jenis material dinding batu alam adalah material yang mampu menahan panas paling baik karena sifatnya yang dingin.

C. Lantai

Material lantai memiliki peran teknis memantulkan sinar panas matahari yang masuk ke dalam bangunan (Wijayanto, 2011). Tidak hanya panas, tetapi lantai juga berpengaruh pada kenyamanan pengguna aktivitas di dalam bangunan. Pada studi kasus penelitian ini adalah kandang sapi perah, lantai pada kandang sapi perah hendaknya memberikan kenyamanan bagi sapi perah. Menurut Prabowo (2010), lantai pada kandang sapi perah yang nyaman untuk sapi perah adalah material yang tidak keras dan dapat menyesuaikan bentuk postur tubuh sapi seperti penggunaan material serbuk kayu dengan campuran lapisan pasir.

2.6 Jenis kandang

Menurut Baliarti (2009) terdapat dua tipe kandang sapi, yaitu kandang sapi terbuka dan kandang sapi tertutup, kedua tipe kandang ini sering digunakan baik di dalam negeri maupun di luar negeri berdasar kondisi iklim. Kandang sapi terbuka lebih banyak digunakan di Indonesia

karena kondisi iklim tropis, sedangkan kandang sapi tertutup lebih banyak digunakan di luar negeri yang memiliki 4 musim.

Menurut Heru Prabowo (2010), kandang sapi yang cocok di Indonesia adalah kandang sapi dengan sistem *free stall* dimana sapi dapat bergerak bebas, sistem ini telah diterapkan pada kandang standar Amerika dimana kandang tidak menggunakan sistem *seasonal farming* seperti kandang standar di Australia dan New Zealand.


2.6.1 Kandang sapi terbuka


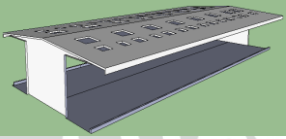
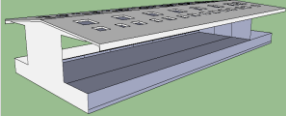
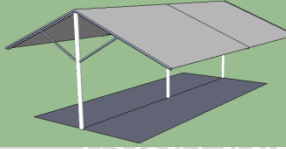
Kandang sapi terbuka hanya memiliki atap dan terbuka pada tiap sisi dindingnya. Pada kandang terbuka temperatur pada pagi hari lebih cepat naik dan pada malam hari cepat turun sehingga membuat sapi perah banyak menyesuaikan metabolisme tubuhnya. Kandang sapi terbuka memiliki resiko gangguan lingkungan dan penularan penyakit sangat tinggi sehingga berpengaruh pada produktivitas sapi (Baliarti, 2009).

Kandang sapi terbuka banyak digunakan di Indonesia selain karena aliran udara pada kandang dapat terus bertukar, tetapi juga dari segi ekonomis material yang digunakan. Bahan material bangunan kandang ekonomis karena penyusunnya hanya pada atap dan lantai saja.

Tidak hanya di Indonesia, di luar negeri seperti Amerika, Belanda, dan Australia juga menggunakan kandang sapi tipe terbuka dengan standar yang dimiliki. Standar kandang sapi yang dimiliki ketiga Negara tersebut adalah seperti berikut:

Tabel 2.7 kandang sapi terbuka

			kelebihan	kelemahan
Amerika	<p>a. Mono-pitch roof style Canopy Arena</p> <p>Bentuk atap pada kandang hanya satu sisi</p>	 <p>Canopy Arena Clearspan Roof cladding</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Hemat biaya • Aliran udara lancar • Cocok untuk dataran rendah • Ruang lebih bebas 	<ul style="list-style-type: none"> • Jika terjadi hujan mudah masuk • Panas dari matahari langsung • Angin kencang dapat mengganggu sapi

Amerika	b. Gable roof style Gable arena Bentuk atap pada kandang dua sisi	 <p>Gable Arena Clearspan Roof & Gable cladding</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Hemat biaya • Cocok untuk daerah tropis dataran rendah • Ruang lebih bebas • Aliran udara lancar 	<ul style="list-style-type: none"> • Panas dari matahari langsung • Rawan gangguan hewan buas • Angin kencang dapat mengganggu sapi
Australia	c. Open gable style Bentuk atap kandang dua sisi dengan <i>skylight</i> dan dinding terbuka		<ul style="list-style-type: none"> • Cocok untuk dataran tinggi • Cocok untuk cuaca panas • Aliran udara lancar 	<ul style="list-style-type: none"> • Rawan gangguan luar • Rawan terkena hujan
Australia	d. Semi open gable style Bentuk atap dua sisi dengan <i>skylight</i> dan dinding semi tertutup		<ul style="list-style-type: none"> • Cocok untuk cuaca panas • Terlindung dari gangguan luar (hewan buas) • Cocok untuk dataran rendah dan tinggi • Konstruksi kuat 	<ul style="list-style-type: none"> • Aliran udara alami bisa masuk namun kurang maksimal • Membutuhkan kipas pendingin
Belanda	e. Paddock shade Bentuk atap dua sisi dan terbuka, pada umumnya bisa <i>portable</i>		<ul style="list-style-type: none"> • Hemat biaya • Cocok dengan sistem sapi yang bebas • Aliran udara lancar 	<ul style="list-style-type: none"> • Rawan gangguan luar • Rawan terkena hujan • Memuat kapasitas kecil

Sumber: <http://certifiedhumane.org>

NEN-ISO 1461:09

AS/NZS 1554.1:2004





2.6.2 Kandang sapi tertutup

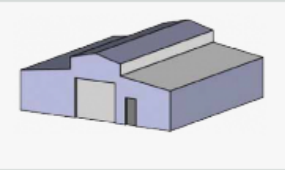
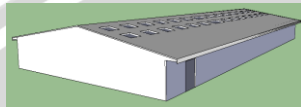
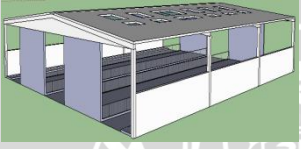
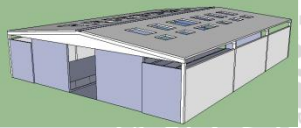
Kandang sapi tertutup selain memiliki atap juga memiliki dinding. Pada kandang tertutup temperatur pada malam hari turun tidak terlalu cepat sehingga sehingga sapi dapat menyesuaikan dengan nyaman, namun pada siang hari jika ventilasi di dalam kandang tertutup tidak lancar maka sapi akan mengalami kegerahan dan stres. Menurut Baliarti (2009) kandang tertutup lebih efektif dalam mengatur kondisi lingkungan namun pada daerah tropis kandang tertutup memiliki kelembaban yang tinggi oleh karena itu kandang tertutup pada daerah tropis perlu dilakukan

modifikasi kandang. Kandang tertutup lebih aman bagi sapi dari gangguan penyakit dengan ventilasi yang baik penghawaan akan terkendali dan menyebabkan stress pada sapi rendah (Wagner, 2001).

Kandang sapi tertutup masih jarang digunakan di Indonesia karena perlu dilakukan modifikasi kandang untuk menyesuaikan dengan iklim, ada beberapa kandang sapi tertutup yang sudah dimodifikasi dan disesuaikan di Indonesia seperti yang dilakukan PT Greenfileds Indonesia yang mengacu kandang sapi standar Amerika seperti berikut:

Tabel 2.7 kandang sapi tertutup standar Amerika

Model kandang sapi tertutup				
Amerika	<p>a. Mono-pitch roof style Domain</p> <p>Bentuk atap kandang satu sisi dan dinding yang terbuka satu sisi</p>	 <p>Domain Clearspan Roof & 3 sides</p>	<p>kelebihan</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tahan terhadap angin kencang • Cocok untuk dataran rendah • Konstruksi lebih kuat • Aliran udara lancar 	<p>kelemahan</p> <ul style="list-style-type: none"> • sirkulasi masuk dan keluar ternak kurang teratur
	<p>b. Gable roof style Highland</p> <p>Bentuk atap kandang dua sisi dan dinding yang terbuka satu sisi</p>	 <p>Highland Clearspan Roof & 3 sides</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Tahan terhadap angin kencang • Cocok untuk dataran tinggi • Konstruksi kuat • Aliran udara lancar 	<ul style="list-style-type: none"> • Sirkulasi masuk dan keluar kurang teratur
	<p>c. Estate</p> <p>Bentuk atap kandang satu sisi dan dinding yang tertutup semua sisinya</p>	 <p>Estate Clearspan Fully enclosed</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Cocok untuk iklim 4 musim • Terlindung dari gangguan luar • Konstruksi kuat 	<ul style="list-style-type: none"> • Udara di dalam ruangan sulit berganti • Penghawaan kurang baik
	<p>d. Karaka</p> <p>Bentuk kandang yang semi-tertutup dengan tambahan ruangan untuk gudang</p>	 <p>Karaka Clearspan Combination</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Terdapat ruang penyimpanan persediaan pakan ternak • Konstruksi kuat 	<ul style="list-style-type: none"> • Sirkulasi udara di dalam ruangan rawan kurang baik

Amerika	Amerika Barn Bentuk kandang yang atapnya memiliki 2 tingkat dan tertutup di sisi sampingnya		<ul style="list-style-type: none"> • Cocok untuk dataran rendah maupun tinggi • Cocok untuk iklim 4 musim • Konstruksi kuat 	<ul style="list-style-type: none"> • Ternak kurang bebas • Sirkulasi udara rawan kurang baik
	Belanda	a. Closed gable style Bentuk atap dua sisi dengan <i>skylight</i> dan dinding tertutup		<ul style="list-style-type: none"> • Terlindung dari gangguan luar (hewan buas) • Konstruksi kuat
Australia	a. Feed alley Bentuk atap dua sisi dengan dinding semi terbuka yang terdapat jalur sirkulasi ditengah dan kedua sisinya		<ul style="list-style-type: none"> • Dapat menggunakan sistem <i>freestall</i> atau <i>head to head</i> • Terlindung dari gangguan luar (hewan buas) • Konstruksi kuat 	<ul style="list-style-type: none"> • Aliran udara alami bisa masuk namun kurang maksimal • Membutuhkan kipas pendingin
	b. Closed feed alley Bentuk atap dua sisi dengan dinding tertutup yang terdapat jalur sirkulasi ditengah		<ul style="list-style-type: none"> • Terlindung dari gangguan luar (hewan buas) • Menggunakan sistem <i>freestall</i> • Konstruksi kuat 	<ul style="list-style-type: none"> • Aliran udara alami bisa masuk namun kurang maksimal • Membutuhkan kipas pendingin

Sumber: <http://certifiedhumane.org>
 NEN-ISO 1461:09
 AS/NZS 1554.1:2004

Dari tipe dan jenis kandang standar Amerika diatas semuanya hampir memiliki kefungsiang tanggap terhadap iklim yang sama, namun hanya beberapa saja yang bisa diterapkan untuk tanggap terhadap iklim tropis terutama panas

2.7 Pengaruh termal terhadap produktivitas susu sapi perah

Sebagian besar sapi perah yang dternakkan di Indonesia adalah sapi perah jenis *Fries Holland* (FH) yang berasal dari luar negeri yang memiliki kisaran suhu rendah (13°C - 25°C). Sapi perah FH dapat menghasilkan susu 15-20 liter/ekor/hari (Prabowo, 2010) jika berada pada kisaran suhu nyaman bagi sapi, namun di Indonesia rata-rata hanya menghasilkan susu 8-10 liter/ekor/hari. Pada subbab ini akan menjelaskan hal yang berpengaruh pada sapi dan suhu nyaman bagi sapi perah.

2.7.1 Pengaruh suhu bagi produksi susu sapi perah

Faktor yang dominan mempengaruhi produksi susu sapi adalah faktor lingkungan daripada faktor genetik (Soetarno, 2003). Sapi selalu melakukan adaptasi dalam upaya mempertahankan suhu tubuhnya dari faktor lingkungan pada kisaran yang normal. Menurut mount (1979) jika sapi mendapatkan suhu dengan temperatur 45° C selama 5 jam sehari dalam 21 hari terus menerus maka pada hari ke 10 sapi tersebut sudah dapat menyesuaikan temperatur tubuhnya seperti saat sebelum mendapatkan panas 45° C. Proses mempertahankan temperatur suhu tubuh tersebut didapatkan sapi dengan proses yang bertahap dengan menyesuaikan suhu lingkungan.

McDowell dkk, (1980) mengatakan suhu lingkungan merupakan faktor bioklimatik yang paling berpengaruh bagi fisik ternak. Tingkat pengaturan suhu tubuh ternak bergantung pada suhu lingkungan, (Dukes, 1949). Menurut William dan Payne (1987), McDowell (1980) dan Taffal (1982), temperatur lingkungan yang sesuai untuk kehidupan ternak sapi di daerah tropis adalah 10° C - 27° C dengan suhu optimal 18° C. Jika suhu lingkungan berada di luar suhu optimal atau suhu nyaman bagi sapi maka kondisi kelembaban udara, peninaran, serta kecepatan angin menjadi peran penting terhadap pengaturan suhu sapi. Sastry dkk. (1982) mengatakan bahwa suhu lingkungan yang tinggi mengakibatkan meningkatnya suhu tubuh, menurunnya nafsu makan, meningkatnya konsumsi air, menurunnya produksi susu dan menurunnya laju pertumbuhan.

Suhu lingkungan juga berpengaruh pada kandang sapi, faktor desain pada kandang yang menentukan distribusi suhu dan kelembaban udara adalah dimensi bangunan, posisi dinding atau atap ventilasi, sudut bukaan ventilasi, dan sebagainya (Boutet, 1987). Perpindahan panas secara

konduksi juga terjadi pada kandang melalui atap, dinding, kerangka, dan material bangunan. Perpindahan panas secara konduksi dipengaruhi oleh konduktivitas bahan dan suhu lingkungan, semakin besar nilai konduktivitasnya maka panas akan semakin cepat merambat (Esmay dan Dixon, 1986).

2.7.2 Suhu optimal untuk produktivitas sapi

Suhu optimal sapi adalah suhu yang diterima oleh sapi sehingga kondisi produktivitas sapi dalam keadaan baik karena sapi merasa nyaman. Adapun penyebab sapi sulit mendapatkan suhu optimal adalah kegerahan atau *heat stress* yang menyebabkan turunnya produktivitas pada sapi perah (Wagner, 2001).

Heat stress pada sapi adalah kondisi ketika panas tubuh yang diterima melebihi kemampuan sapi untuk mengurangi panas tersebut. Indikasi pertama terjadinya *heat stress* adalah meningkatnya frekuensi nafas secara signifikan melebihi 80 kali/ menit, naiknya suhu tubuh, keluar air keringat, dan konsumsi air minum meningkat. Jika sapi mengalami *heat stress* maka jumlah produksi sapi akan menurun karena terlalu banyak mengeluarkan keringat (Frandsen 1996).

Heat loss merupakan mekanisme keluarnya panas dari dalam tubuh yang diterima sapi, dipengaruhi oleh suhu lingkungan dan suhu tubuh sapi yang disebabkan aktifitas semua organ dalam tubuh. Produksi panas akan meningkat jika metabolisme meningkat dan akan menyebabkan sapi menjadi stress. Untuk mengatasi sapi agar tidak stress maka sapi harus berada pada zona nyaman (Purwanto, 1993).

Mendapatkan tingkat kenyamanan suhu pada sapi diperlukan perlakuan khusus pada kandang. Tujuan dari adanya *comfort zone* atau zona nyaman pada kandang adalah untuk meningkatkan produksi susu sapi perah menjadi maksimal karena membuat sapi perah tidak stres. Webster dan Wilson (1980) mengatakan bahwa bila suhu lingkungan tidak berada pada suhu nyaman sapi maka untuk mempertahankan suhu tubuhnya sapi akan melakukan adaptasi dengan mengurangi atau meningkatkan laju metabolisme.

Williamson dan Payne (1968) menjelaskan, pada sapi tropik yang dipelihara pada suhu lingkungan di atas 27°C mekanisme pengaturan suhu tubuh, frekuensi pernafasan dan penguapan

meningkat. Untuk mengatasi hal tersebut maka dibutuhkan bangunan yang tanggap terhadap iklim agar mencapai zona nyaman untuk sapi perah. Suhu lingkungan terbaik untuk sapi FH adalah 18° C dengan kelembaban 55%, jika melebihi suhu tersebut maka sapi akan melakukan penyesuaian secara fisiologis dan tingkah laku.

2.8 Studi terdahulu

Untuk melengkapi teori pada topik bahasan diperlukan studi terdahulu yang memiliki hubungan dengan studi yang akan diteliti yang ditulis oleh A. Yani dan B.P. Purwanto dengan judul “Pengaruh Iklim Mikro terhadap Respon Fisiologis Sapi Peranakan Fries Holland dan Modifikasi Lingkungan untuk Meningkatkan Produktivitasnya”. Menurut A. yani dan Purwanto (2006) Produksi ternak dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain faktor keturunan (genetik), pakan, pengelolaan penyakit serta faktor lingkungan lainnya. Ada empat unsur iklim mikro yang dapat mempengaruhi produktivitas ternak secara langsung yaitu: suhu, kelembaban udara, radiasi dan kecepatan angin.

Radiasi matahari berpengaruh pada kandang secara konduksi kemudian diterima pada sapi yang dapat menimbulkan kegerahan atau *heat stress*. Besarnya penambahan panas yang berasal dari radiasi matahari di daerah tropis dapat mencapai empat kali lebih besar dari produksi panas hasil metabolisme (Thwaites, 1985). Kecepatan angin juga mempengaruhi kondisi di dalam kandang, kecepatan angin di dalam kandang yang tepat dapat menurunkan suhu 1,7 °C dan meningkatkan produksi susu sapi FH sebesar 0,79kg per hari. Radiasi matahari dan kecepatan angin dapat meningkatkan jumlah produksi susu sapi FH jika pemilihan dan material tepat dan sesuai.

Menurut A. Yani dan Purwanto (2006) pemilihan bahan material atap berpengaruh pada panas dalam kandang, penggunaan material daun rumbia atau rumput kering paling efektif menahan radiasi matahari secara langsung karena memiliki nilai konduksi yang rendah yaitu 0.0001 kal/det°C. Gatenby dan Martawijaya (1986) menyatakan, suhu di dalam kandang yang atapnya terbuat dari asbes (26.5° C), seng (27° C), rumbia (26,4° C). Selain pemilihan bahan atap, modifikasi lingkungan mikro lainnya adalah meninggikan atap kandang, sehingga volume udara yang masuk menjadi besar yang mengakibatkan pergantian udara menjadi cepat dan suhu

udara menjadi turun. Ketinggian kandang untuk daerah tropis basah antara 2-3 meter dan untuk daerah tropis kering antara 3-4 meter (Mcdowell, 1972).

Dari studi terdahulu diatas dapat disimpulkan bahwa radiasi matahari dan kecepatan angin menyebabkan sapi perah FH mengalami kegerahan atau *heat stress*, dan dapat dihindari dengan pemilihan material yang tepat, penempatan ventilasi, dimensi, dan atap pada kandang sapi.

2.9 Studi komparasi

Dalam studi ini menggunakan studi komparasi sebagai bahan eksplorasi teori yang mendukung, yaitu memilih PT Greenfields Indonesia sebagai studi komparasi karena menerapkan kandang sapi perah berstandar Amerika yang sudah diterapkan di Indonesia.

PT Greenfields Indonesia adalah pabrik olahan susu yang menerapkan standar Amerika di Indonesia. PT Greenfields berada di Gunung Kawi sehingga memiliki kondisi iklim yang sejuk sehingga kondisi alamnya sangat mendukung untuk dijadikan peternakan. Standar kandang Amerika yang diterapkan oleh PT Greenfields ini menggunakan tipe kandang terowongan atau *tunnel room* yang merupakan kandang semi *closed house* yang dapat mengatur arus udara yang masuk. Menurut Heru (2010) penggunaan alat bantu kipas angin besar dapat digunakan pada kandang peternakan sebagai penyedot udara sehingga aliran udara di dalam kandang bisa sempurna. Tipe kandang *tunnel room* di PT Greenfield ini dapat menciptakan suhu di dalam ruangan sebesar 20° C dengan kecepatan angin 12-15 km/jam. Suhu saat siang hari berkisar antara 21-24 °C. Saat malam, suhu berkisar 13-14 °C. Perbedaan antara suhu siang dan malam cukup stabil. Hal tersebut mempengaruhi proses produksi susu.

Konstruksi kadang ini menggunakan bahan material baja karena kandang ini menggunakan sistem *Free Stall Barn*, sistem ini mengutamakan kebebasan ternak sehingga tidak ada penyekat atau pembatas, kandang yang menggunakan sistem ini memiliki tipe bentang panjang. Model dan bentuk atap yang digunakan pada PT Greenfields adalah model monitor dengan material seng. Meskipun atap menggunakan seng suhu di dalam ruangan tetap dingin dikarenakan kipas angin yang menyedot dan mengalirkan udara.

Perlakuan khusus pada kandang sapi tersebut memungkinkan untuk melakukan pemerahan pada sapi sebanyak 3 kali sehari yang pada umumnya peternak lokal hanya bisa pemerah sapi jenis FH 2 kali sehari. Susu yang dihasilkan oleh PT Greenfields 20-40 liter/ekor/hari dengan perbandingan peternak lokal yang hanya menghasilkan 6-10 liter/ekor/hari dengan jenis sapi yang sama.

Material lantai pada kandang yang digunakan oleh PT Greenfields adalah berupa alas gergaji kayu dengan lapisan pasir sehingga dapat menyerap air kencing dari sapi dan memudahkan petugas untuk mengambil dan membersihkan kotoran sapi (Heru, 2010).

Dari studi komparasi diatas dapat disimpulkan bahwa kandang sapi dengan jenis *tunnel room* dapat menciptakan suhu di dalam ruangan sebesar 20 °C dan kecepatan angin 12-15 km/jam dengan kisaran suhu 20-24 °C pada siang hari dan 13-14 °C pada malam hari.

2.10 Implementasi pada bangunan kandang

Dari teori bangunan sehat yang telah dijelaskan pada subbab diatas dikombinasikan dengan tuntutan persyaratan kandang maka ditemukan:

Tabel 2.9 kombinasi teori bangunan sehat dan tuntutan persyaratan kandang

Teori bangunan sehat	Tuntutan persyaratan kandang
Bahan material tidak berbahaya dan tidak menimbulkan penyakit, tidak lembab, tidak licin	Bahan material kuat dan ekonomis, mudah dibersihkan
Kualitas udara antara 18° C - 30° C dengan kelembaban 40 – 70 %	Kualitas udara antara 10 °C - 27 °C dengan kelembaban 55 – 70 %.
Luas ventilasi minimal 10% dari luas lantai	Ventilasi dan pertukaran udara harus terjamin
Atap harus mampu menahan panas dan masuknya debu	Atap harus dapat menahan sinar matahari langsung yang terkena sapi perah

Untuk membantu dalam melengkapi acuan dasar dalam penelitian ini maka selain mengkombinasikan teori bangunan sehat dan persyaratan kandang juga perlu dilakukannya mengkombinasikan studi terdahulu dengan studi komparasi, sebagai berikut:

Tabel 2.10 kombinasi studi terdahulu dengan studi komparasi

Studi terdahulu	Studi komparasi
kecepatan angin di dalam kandang yang tepat dapat menurunkan suhu 1,7 °C dan meningkatkan produksi susu sapi FH sebesar 0,79kg per hari.	Sistem <i>tunnel room</i> di PT Greenfield dapat menciptakan suhu di dalam ruangan sebesar 20° C dengan kecepatan angin 12-15 km/jam.
Radiasi matahari dan kecepatan angin menyebabkan sapi perah FH mengalami kegerahan atau <i>heat stress</i>	Kegerahan pada sapi perah dapat diatasi dengan memberikan aliran angin di dalam bangunan dengan menggunakan kipas angin
Penggunaan material daun rumbia atau rumput kering paling efektif karena memiliki nilai konduksi yang rendah yaitu 0.0001 kal/det°C, namun memiliki daya tahan yang rendah	Menggunakan material seng dengan rangka baja pada atap namun kandang yang digunakan adalah sistem <i>free stall</i> dibantu kipas angin sebagai pengkondisian suhu di dalam kandang

Tabel diatas menunjukkan bahwa antara teori bangunan sehat dengan tuntutan persyaratan kandang dapat dikombinasikan dengan memperhatikan studi terdahulu dan studi komparasi yang dapat digunakan sebagai acuan dasar dalam penelitian ini guna meningkatkan produksi susu sapi perah.