

DESAIN PENYIMPANAN GABAH KERING PANEN DAN BERAS DENGAN BANGUNAN PASIF ENERGI

STORAGE DESIGN OF HARVESTED DRY GRAIN AND RICE WITH PASSIVE ENERGY BUILDING

¹Jojo Sumarjo*, ²Abdul Rahman, ³Siswadi

^{1,2,3}Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Singaperbangsa Karawang

¹jojo_sumarjo@ft.unsika.ac.id

INFO ARTIKEL

Diterima :15 Juni 2024

Direvisi :13 Juli 2024

Disetujui: 30 Juli 2024

Kata Kunci:

Pasif Energi; penyimpanan; perpindahan panas; bukaan.

Keywords:

Passive energy; storage; heat transfer, aperture.

ABSTRAK

Perancangan pasif merupakan cara penghematan energi melalui pemanfaatan energi matahari secara pasif, yaitu tanpa mengonversikan energi matahari menjadi energi listrik. Rancangan pasif lebih mengandalkan kemampuan *engineer* bagaimana rancangan bangunan dengan sendirinya mampu "mengantisipasi" permasalahan iklim luar. Di Indonesia sebagai daerah tropis, sistem pendingin dan sistem pencahayaan merupakan kontributor terbesar dalam konsumsi energi bangunan yang mengambil bagian 24,7% dan 16% masing-masingnya dari total konsumsi energi bangunan. Tujuan penelitian ini adalah melakukan pemodelan penyimpanan menggunakan metode pasif energi. Prosedur dilakukan dengan kombinasi perhitungan energi sekitar *storage* dan CAD. *Software* CAD digunakan untuk membuat gambar permukaan dan bentuk gambar solid 3D. Kemudian dilakukan pembuatan gambar beberapa opsi untuk bukaan udara yang akan digunakan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa berdasarkan pada bulan pengamatan, nilai energi panas yang terjadi pada penyimpanan gabah kering panen dan beras dengan bangunan pasif energi lebih rendah dan energi panas pada bulan Juni lebih tinggi. Oleh karena itu, solusi pemilihan jenis bukaan pada bulan Januari diperlukan dengan persentase bukaan 25% dan untuk bulan Juni diperlukan bukaan dengan persentase 50%.

ABSTRACT

Passive design is a way to save energy through the passive use of solar energy, that is, without converting solar energy into electrical energy. the passive design relies more on the ability of engineers how the design of the building itself can "anticipate" external climate problems. In Indonesia as a tropical region, cooling systems and lighting systems are the largest contributors to building energy consumption, accounting for 24.7% and 16% respectively of the total building energy consumption. The purpose of this research is to do storage modeling using the passive energy method. The procedure is carried out with a combination of energy calculations around storage and CAD. CAD software is used to create 3D solid surface drawings and shapes. Then draw several options for the air openings that will be used. The results showed that based on the month of observation, the value of heat energy that occurred in the storage of dry harvested grain and rice with passive energy buildings was lower and heat energy was higher in June. Therefore, the solution for choosing the type of opening in January is required an opening percentage of 25% and for June, an opening with a percentage of 50% is required.

*Corresponding author: jojo_sumarjo@ft.unsika.ac.id

I. PENDAHULUAN

Perkembangan studi konservasi energi dan *thermal comfort* sudah banyak dilakukan dan mempunyai titik berat pada aspek dalam bangunan. Dengan menggunakan indikasi software di level bangunan (*Opaque, Fluent, IES (Integrated Environmental Solution), Solar Tool, HEED (Home Energy Efficient Design), dan Ecotect*) dengan lingkungan bangunan luar (*Environmental Visuallization Interface-Meteorologi*) dengan studi tersebut maka adanya sebuah perbandingan 6:1 enam untuk bangunan dibanding satu dengan lingkungan bangunan luar [1]. UNFCC (*United Nations Framework Convention on Climate Change*) mendefinisikan perubahan iklim sebagai *climate change*

yang secara tidak langsung diakibatkan oleh aktifitas manusia [2]. Oleh karena itu, pemahaman mendalam tentang interaksi antara konservasi energi dalam bangunan dan faktor lingkungan eksternal sangat penting dalam menghadapi tantangan perubahan iklim global dan dalam upaya menciptakan lingkungan yang lebih berkelanjutan

Energi bangunan utama diperuntukan bagi pemanasan, sistem ventilasi, sistem tata udara dan pemanas air yang besarnya tergantung pada lokasi bangunan. Di Indonesia sebagai daerah tropis, sistem pendingin dan sistem pencahayaan merupakan kontributor terbesar dalam konsumsi energi bangunan yang mengambil bagian 24,7% dan 16% masing-masingnya dari total konsumsi energi bangunan [3].

Oleh karena itu, optimalisasi penggunaan energi dalam sistem pendingin dan pencahayaan sangat penting untuk meningkatkan efisiensi energi bangunan di Indonesia. Melalui penerapan teknologi hemat energi dan desain bangunan yang berkelanjutan, kita dapat mengurangi konsumsi energi secara signifikan, yang pada akhirnya berkontribusi pada pengurangan dampak lingkungan dan perubahan iklim

Karena besarnya permukaan kontak dengan udara luar, atap menyerap lebih banyak panas yang berpotensi menimbulkan masalah terhadap kualitas gabah [4]. Untuk meningkatkan keefektifan termal dalam bangunan tanpa harus mengeluarkan biaya yang besar, teknik pendinginan pasif cocok untuk diaplikasikan di bagian atap bangunan, tergantung pada karakteristik bangunan dan kondisi geografis [5] dengan demikian merupakan usaha untuk menciptakan penyimpanan gabah dengan bangunan yang menggunakan energi secara hemat dan efisien.

Gabah yang disimpan dengan kadar air >14% mudah terserang jamur dan bakteri sedangkan gabah yang disimpan dengan kondisi kurang bersih akan mudah diserang hama gudang [6]. Kualitas gabah atau beras tidak hanya ditentukan oleh kualitas padi yang ditanam, namun juga cara penyimpanannya [7]. Penyimpanan gabah atau beras harus dilakukan dengan baik dan benar berdasarkan prinsip-prinsip *Good Handling Practices* (GHP) [8]. Dengan demikian, untuk memastikan kualitas gabah atau beras tetap terjaga, penting bagi kita untuk menerapkan prinsip-prinsip *Good Handling Practices* (GHP) dalam setiap tahap penyimpanan. Hanya dengan cara ini, kita dapat menghindari kerusakan yang disebabkan oleh jamur, bakteri, dan hama gudang, serta menjamin bahwa hasil panen kita tetap bernilai tinggi.

Perancangan pasif merupakan cara penghematan energi melalui pemanfaatan energi matahari secara pasif, yaitu tanpa mengonversikan energi matahari menjadi energi listrik. Sinar matahari yang terdiri atas cahaya dan panas hanya akan dimanfaatkan komponen cahayanya dan menepis panasnya [9]. Biasanya sistem pasif merupakan bagian integral dari struktur dan memiliki banyak kegunaan. Salah satu contohnya adalah jendela biasa, yang dapat memberikan pemandangan, cahaya, ventilasi, dan penguatan matahari [10]. Dengan demikian, penerapan perancangan pasif tidak hanya berkontribusi pada efisiensi energi, tetapi juga meningkatkan kenyamanan dan kualitas lingkungan hidup. Melalui pemanfaatan optimal dari cahaya matahari tanpa konversi menjadi listrik, kita dapat menciptakan ruang yang lebih terang, sejuk, dan ramah lingkungan

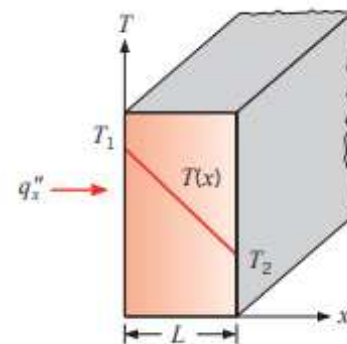
A. Perpindahan Panas (*Heat Transfer*)

Perpindahan panas adalah salah satu faktor yang penting untuk diperhatikan dalam membuat kenyamanan termal bangunan [11]. Pada daerah empat musim, perhitungan perpindahan panas diperlukan untuk menginsulasi bangunan dari kebocoran termal yang mengakibatkan cuaca dingin masuk ke dalam ruang, sedangkan pada wilayah tropis, perhitungan

perpindahan panas dilakukan untuk menghitung panas yang merambat melalui selubung bangunan akibat terpaan sinar matahari [12]. Oleh karena itu, perhitungan perpindahan panas sangat krusial untuk memastikan efisiensi energi dan kenyamanan termal dalam berbagai kondisi iklim

1. Perpindahan Panas Konduksi (*Conductive Heat Transfer*)

Perpindahan panas secara konduksi merupakan perpindahan panas yang disebabkan dari partikel yang lebih energik ke partikel yang kurang energik karena interaksi antar partikel [13]. Untuk menghitung laju perpindahan panas diperlukan persamaan yang sesuai dengan mode perpindahan panas tersebut. Oleh karena itu, pemahaman dan penerapan Fourier's Law sangat penting dalam desain dan analisis termal. Penerapan yang tepat dari hukum ini tidak hanya memastikan efisiensi perpindahan panas yang optimal, tetapi juga berkontribusi pada kenyamanan termal dalam bangunan, efisiensi energi dalam sistem industri, dan kinerja berbagai perangkat elektronik. Dengan demikian, Fourier's Law memainkan peran krusial dalam berbagai bidang teknik dan ilmu pengetahuan. Persamaan laju konduksi satu dimensi pada dinding datar dikenal dengan persamaan *Fourier's Law*, yaitu:



Gambar 1. Perpindahan panas satu dimensi secara konduksi (difusi energi) [14].

$$q_x = -kA \frac{dT}{dx} \quad (1)$$

q_x : Laju perpindahan panas ke arah sumbu x positif

k : Konduktivitas panas adalah karakteristik individu material dinding ($\frac{W}{m^2K}$)

A : Luas penampang yang tegak lurus dengan arah perpindahan panas (m^2)

$\frac{dT}{dx}$: Gradient temperature

Untuk *heat flux*, sebagai berikut:

$$q''_x = \frac{q_x}{A} = -k \frac{dT}{dx} \quad (2)$$

Tanda minus diperlukan karena panas selalu ditransfer ke arah penurunan suhu.

2. Perpindahan Panas Konveksi (*Convection Heat Transfer*)

Perpindahan panas secara konveksi merupakan terjadi antara permukaan zat dengan fluida yang bergerak dan keduanya mempunyai perbedaan temperatur. Selain transfer energi karena gerakan molekul acak (*difusi*), energi juga ditransfer oleh gerakan massal, atau makroskopik, fluida [14]. Oleh karena itu, pemahaman tentang perpindahan panas secara konveksi sangat penting dalam berbagai aplikasi teknik, seperti sistem pemanas dan pendingin, desain penukar panas, dan pemodelan atmosfer. Perpindahan panas secara konveksi melibatkan transfer energi melalui gerakan acak molekul (*difusi*) dan juga oleh gerakan massal atau makroskopik fluida. Pengetahuan mendalam tentang proses ini memungkinkan peningkatan efisiensi energi dan performa sistem termal dalam berbagai industri. Formula laju perpindahan panas seperti berikut ini:

$$q = \bar{h}A_S(T_s - T_\infty) \tag{3}$$

- q: Laju perpindahan panas
- \bar{h} : *Convection coefficient* (W/m²K)
- A: Luas penampang (m²)
- T_s: Temperatur surface
- T_∞: Temperatur lingkungan

Vertical plates:

Rayleigh number:

$$Ra_L = \frac{g\beta(T_s - T_\infty)L^3}{\alpha\nu}$$

Nusselt number:

$$\overline{Nu}_L = \left\{ 0.825 + \frac{0.387 Ra_L^{\frac{1}{4}}}{\left[1 + \left(\frac{0.492}{Pr} \right)^{\frac{8}{27}} \right]^{\frac{1}{4}}} \right\}^2$$

Inclined plates:

Rayleigh number:

$$Ra_L = \frac{g \cos \theta \beta(T_s - T_\infty)L^3}{\nu\alpha}$$

Nusselt number:

$$\overline{Nu}_L = 0.68 + \frac{0.670 Ra_L^{\frac{1}{4}}}{\left[1 + \left(\frac{0.492}{Pr} \right)^{\frac{8}{27}} \right]^{\frac{1}{4}}}$$

3. Perpindahan Panas Radiasi (*Radiation Heat Transfer*)

Pemahaman tentang radiasi termal sangat penting dalam berbagai aplikasi teknik dan ilmiah, termasuk desain sistem pemanas, teknologi pencitraan inframerah, dan astronomi. Radiasi termal adalah energi yang dipancarkan oleh materi dengan suhu yang tidak nol, di mana emisi energi ini berkaitan dengan perubahan konfigurasi elektron dalam atom atau molekul penyusunnya. Energi medan radiasi ini diangkut oleh gelombang elektromagnetik atau

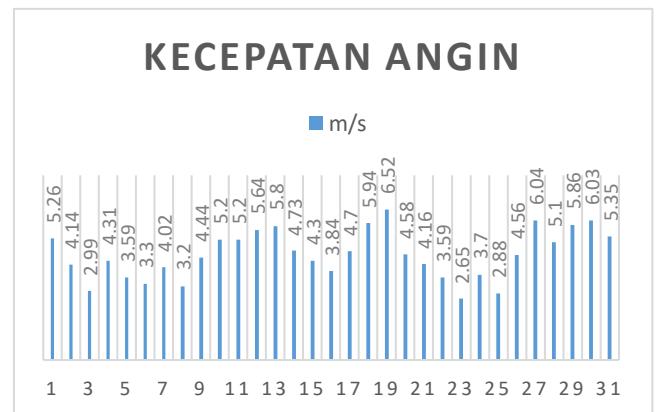
foton. Pemahaman mendalam tentang mekanisme radiasi termal memungkinkan optimisasi efisiensi energi dan pengembangan teknologi canggih dalam berbagai bidang [15]. Dengan demikian, pengetahuan ini tidak hanya berkontribusi pada peningkatan performa dan efisiensi sistem termal tetapi juga membuka peluang untuk inovasi baru di bidang teknologi dan penelitian ilmiah. Berikut formula dari laju perpindahan panas:

$$q_r = q_{rdata} \times \sigma \times A \tag{4}$$

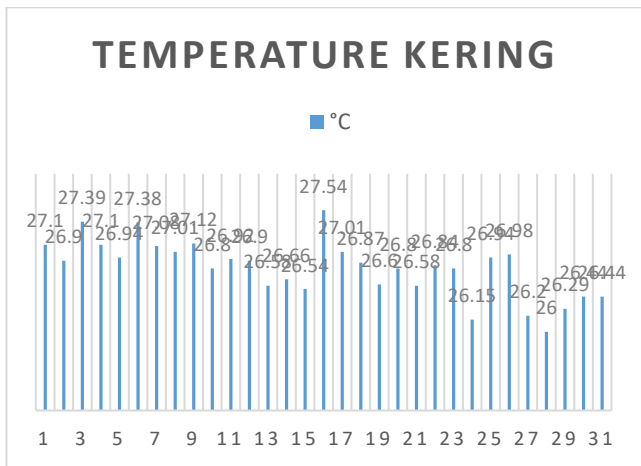
- q_r: Laju perpindahan panas radiasi kaca (W)
- σ: Konsep Stefan Boltzman 5,67 x 10⁻⁸
- A: Luas penampang (m²)

II. METODE PENELITIAN

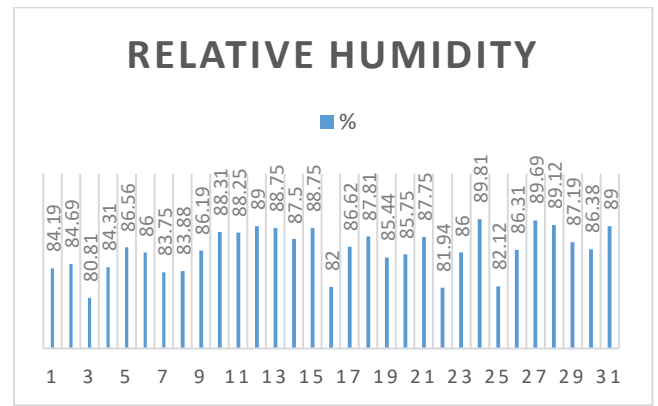
Metode penelitian yang diterapkan pada penyimpanan gabah kering panen dan beras dengan bangunan pasif energi ini ditentukan melalui variable penelitian dan metode pengumpulan data, alat dan bahan. Tempat penelitian yaitu daerah iklim tropis lembab, dimana lokasi penelitian ditetapkan di daerah Desa Lemahmukti Kec. Lemahabang Kab. Karawang terletak pada *Latitude* - 6.2439 dan *Longitude* 107.4611. Observasi lapangan dibutuhkan untuk mengukur suhu luar dan juga pengukuran kecepatan angin sebagai faktor pendukung bangunan pasif energi. Pengambilan data untuk mendapatkan kecepatan angin maka diperlukannya titik koordinat pada NASA/BMKG sehingga mendapatkan angka yang dibutuhkan untuk analisa. Sementara untuk mendapatkan angka radiasi langsung ataupun tidak langsung maka posisi daerah yang diuji harus diketahui titik koordinat geografis baik lintang maupun bujur juga orientasi terhadap matahari. Pengambilan data kecepatan angin, *temperature*, radiasi dan kelembaban relatif dilakukan di lokasi penelitian menggunakan hasil dari pengukuran NASA. Pengambilan dilakukan selama 2 musim, dan diukur 1 hari sekali selama 1 bulan. Berikut merupakan hasil pengukuran pada lokasi penelitian.



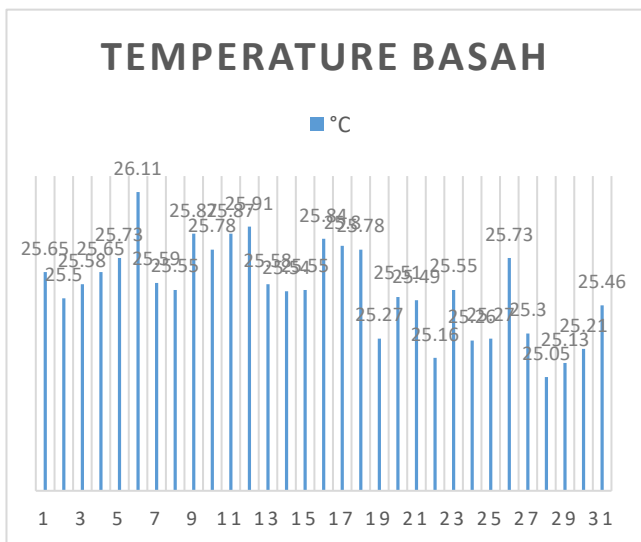
Gambar 2. Kecepatan Angin [16]



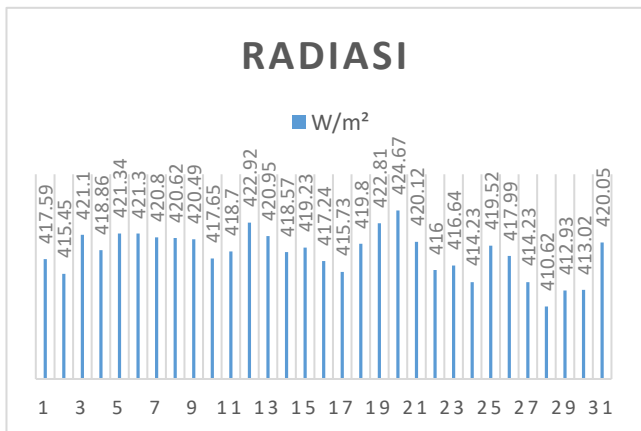
Gambar 3. Temperature Kering [16]



Gambar 6. Relative Humidity [16]



Gambar 4. Temperature Basah [16]



Gambar 5. Radiasi [16]

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Ada beberapa faktor-faktor umum yang harus diperhatikan dalam menganalisis *passive energy* pada Penyimpanan Gabah Kering Panen dan Beras seperti temperatur lingkungan dan waktu pengambilan data musim kemarau dan musim hujan. Hal tersebut dikarenakan *passive energy* akan berubah-ubah mengikuti perubahan temperatur rata-rata lingkungan. Pada pengamatan penyimpanan gabah kering panen dan beras dengan bangunan pasif energi, sumber panas hanya bersumber dari keadaan sekitar atau natural. Dapat disajikan hasil perhitungan nilai perpindahan panas berdasarkan pada bulan pengamatan selama 2 bulan. Hasil perhitungan terdapat pada tabel 1.

Tabel 1. Hasil Perhitungan Perpindahan Panas Konduksi Berdasarkan Bulan Pengamatan.

Konduksi	Januari	Juni
Konduksi Atap	209,75 W	314,62 W
Konduksi Dinding	92,23 W	138,39 W
Konduksi Pintu	0,68 W	1,02 W
Konduksi Kaca	0,624 W	0,936 W

Selain perhitungan perpindahan panas konduksi pada pengamatan bulan yang sama juga dilakukan perhitungan perpindahan panas konveksi. Hasil perhitungan perpindahan panas konveksi disajikan dalam tabel 2.

Tabel 2. Hasil Perhitungan Perpindahan Panas Konveksi Berdasarkan Bulan Pengamatan.

Konveksi	Januari	Juni
Konveksi Atap	20,7 W	35,82 W
Konveksi Dinding	2,079 W	3,24 W
Konveksi Pintu	0,52 W	0,8586 W
Konveksi Kaca	0,0288 W	0,048 W

Disajikan pula hasil perhitungan laju aliran massa udara dan kalor pada pengamatan selama 2 bulan. Hasil perhitungan kalor terdapat pada tabel 3.

Tabel 3. Hasil Perhitungan Laju Aliran Massa Udara dan Kalor.

Energi	Januari	Juni
Laju Aliran Massa Udara	2,57 kg/s	1,68 kg/s
Kalor Titik 1-2	-61,68 kJ/s	-47,04 kJ/s
Kalor Titik 2-3	-17,99 kJ/s	-11,76 kJ/s
Kalor Titik 1-3	-79,67 kJ/s	-58,8 kJ/s

Penurunan laju aliran massa udara dan kalor pada bulan Juni menunjukkan bahwa sistem penyimpanan mengalami perubahan dalam efisiensi termalnya. Ini mungkin mempengaruhi seberapa baik sistem mempertahankan suhu dan mengelola transfer panas. Dengan penurunan laju aliran massa udara dan transfer kalor pada bulan Juni, mungkin perlu dilakukan penyesuaian pada desain sistem ventilasi dan kontrol suhu untuk memastikan kinerja yang optimal selama musim panas. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa laju aliran massa udara dan transfer kalor mengalami penurunan pada bulan Juni dibandingkan Januari. Penurunan ini dapat mempengaruhi kinerja sistem penyimpanan dan pengelolaan suhu. Untuk menjaga efisiensi dan efektivitas sistem, penting untuk menyesuaikan desain dan pengelolaan sistem penyimpanan sesuai dengan perubahan kondisi lingkungan dan kebutuhan aliran udara.

Selain perhitungan laju aliran massa udara dan kalor pada pengamatan bulan yang sama juga dilakukan perhitungan persentase bukaan. Hasil persentase bukaan disajikan dalam tabel 4.

Tabel 4. Hasil Perhitungan Energi Persentase Bukaan.

Persentase Bukaan	Januari	Juni
Laju Aliran Massa Udara		
Bukaan 75%	1,97 kg/s	1,29 kg/s
Bukaan 50%	1,31 kg/s	0,86 kg/s
Bukaan 25%	0,66 kg/s	0,43 kg/s
Kalor Bukaan 75%		
Kalor Titik 1-2	-47,28 kJ/s	-36,12 kJ/s
Kalor Titik 2-3	-13,79 kJ/s	-9,03 kJ/s
Kalor Titik 1-3	-61,07 kJ/s	-45,15 kJ/s
Kalor Bukaan 50%		
Kalor Titik 1-2	-31,44 kJ/s	-24,08 kJ/s
Kalor Titik 2-3	-9,17 kJ/s	-6,02 kJ/s
Kalor Titik 1-3	-40,61 kJ/s	-30,1 kJ/s
Kalor Bukaan 25%		
Kalor Titik 1-2	-15,84 kJ/s	-12,04 kJ/s
Kalor Titik 2-3	-4,62 kJ/s	-3,01 kJ/s
Kalor Titik 1-3	-20,46 kJ/s	-15,05 kJ/s

Dari tabel 4 terlihat bahwa nilai kalor (energi) yang diserap atau dibuang oleh sistem menurun dari Januari ke Juni untuk semua bukaan. Ini menunjukkan bahwa kebutuhan pemanasan cenderung lebih tinggi di musim dingin dibandingkan musim panas, dan sebaliknya untuk

kebutuhan pendinginan. Seperti pada laju aliran massa udara, semakin besar bukaan, semakin besar pula nilai kalor yang dipindahkan. Ini mungkin karena bukaan yang lebih besar memfasilitasi transfer energi yang lebih besar antara sistem dan lingkungan sekitarnya. Kalor antara titik 1-2 dan titik 1-3 menunjukkan penurunan yang signifikan dari Januari ke Juni, menunjukkan bahwa pemindahan energi antara titik-titik tersebut lebih besar selama bulan-bulan dingin. Secara keseluruhan, data menunjukkan bahwa baik laju aliran massa udara maupun kalor yang dipindahkan dipengaruhi oleh bukaan dan musim. Sistem tampaknya lebih efisien dalam mengatur pemindahan energi dengan bukaan yang lebih besar dan menunjukkan kebutuhan yang berbeda untuk pemanasan dan pendinginan berdasarkan waktu tahun.

Kemudian dalam bulan pengamatan yang dilakukan pada penyimpanan gabah kering panen dan beras dengan bangunan pasif energi mengalami perpindahan massa dengan nilai energi yang sudah didapatkan dari perhitungan terdapat hasil dari panas total, *temperature* akhir dan difusivitas massa, disajikan dalam tabel 5.

Tabel 5. Hasil Perhitungan Energi Perpindahan Massa.

Perpindahan massa	Januari	Juni
Panas Total	326,612 W	494,933 W
<i>Temperature</i> Akhir	30,3°C	33,2°C
Difusivitas Massa	0,097 $\frac{\text{kg air}}{\text{kg benda}}$	0,0935 $\frac{\text{kg air}}{\text{kg benda}}$

Pada bulan Januari, difusivitas massa tercatat sebesar 0,097 (kg air)/(kg benda), sementara pada bulan Juni, difusivitas massa sedikit menurun menjadi 0,0935 (kg air)/(kg benda). Penurunan difusivitas massa ini menunjukkan bahwa laju perpindahan massa air melalui bahan mengalami sedikit penurunan pada bulan Juni dibandingkan bulan Januari. Panas total yang dihitung untuk bulan Januari adalah 326,612 W, sedangkan untuk bulan Juni meningkat menjadi 494,933 W. Peningkatan panas total ini mungkin disebabkan oleh kondisi lingkungan yang lebih panas pada bulan Juni, yang menyebabkan peningkatan perpindahan panas ke dalam sistem penyimpanan. *Temperature* akhir di dalam sistem penyimpanan juga mengalami peningkatan dari 30,3°C pada bulan Januari menjadi 33,2°C pada bulan Juni. Peningkatan suhu akhir ini sejalan dengan peningkatan panas total yang dihitung pada bulan Juni, menunjukkan adanya hubungan langsung antara panas total dan suhu akhir dalam sistem penyimpanan.

Analisis ini menunjukkan bahwa sistem penyimpanan menghadapi tantangan yang berbeda selama berbagai bulan dalam setahun. Pada bulan Juni, sistem perlu mengelola peningkatan panas total dan suhu akhir yang lebih tinggi, yang dapat mempengaruhi efisiensi penyimpanan dan kualitas gabah atau beras. Dengan demikian, strategi tambahan seperti peningkatan ventilasi atau penggunaan bahan dengan insulasi termal yang lebih baik mungkin diperlukan untuk menjaga kondisi penyimpanan yang optimal sepanjang tahun.

Dalam keadaan ekstim udara akan terkondensasi yang mengakibatkan adanya butiran air dalam udara, jika pada penyimpanan gabah kering panen dan beras dengan

bangunan pasif energi mengalami hal tersebut maka ada butiran air yang akan terdifusi ke gabah dan beras yang tersimpan dalam penyimpanan. Berikut adalah hasil perhitungan udara yang terkondensasi disajikan dalam tabel 6.

Tabel 6. Hasil Perhitungan Udara Terkondensasi.

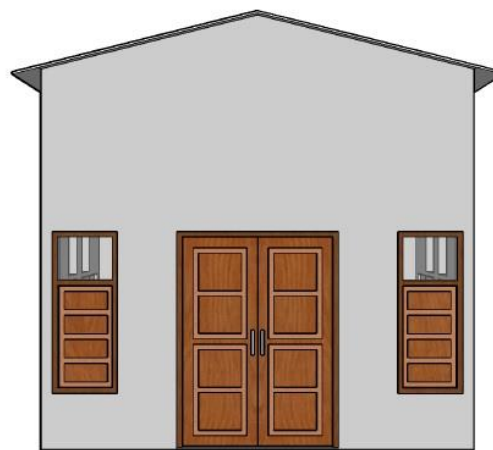
Bulan	Udara yang Terkondensasi
Januari	0,75%
Juni	1,25%

Terdapat peningkatan persentase udara yang terkondensasi dari Januari (0,75%) ke Juni (1,25%). Kenaikan ini menunjukkan bahwa kadar kelembapan dalam udara di sekitar sistem penyimpanan lebih tinggi pada bulan Juni dibandingkan bulan Januari. Peningkatan udara yang terkondensasi pada bulan Juni mungkin disebabkan oleh suhu yang lebih tinggi dan kelembapan relatif yang lebih tinggi selama bulan-bulan musim panas. Suhu yang lebih tinggi dapat meningkatkan kapasitas udara untuk menahan uap air, yang pada gilirannya dapat menyebabkan peningkatan kondensasi saat suhu turun atau ketika udara mengalami kontak dengan permukaan dingin.

Peningkatan kondensasi dapat menyebabkan penumpukan kelembapan pada bahan penyimpanan, yang berpotensi meningkatkan risiko kerusakan, seperti pertumbuhan jamur dan bakteri. Ini dapat mempengaruhi kualitas gabah atau beras yang disimpan. Peningkatan kelembapan menunjukkan perlunya desain sistem penyimpanan yang lebih baik untuk mengelola kondensasi. Ini mungkin termasuk peningkatan ventilasi, pengaturan suhu, atau penggunaan bahan penyerap kelembapan untuk menjaga kadar kelembapan dalam batas yang aman.

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa terdapat peningkatan signifikan dalam udara yang terkondensasi pada bulan Juni dibandingkan Januari. Untuk menjaga kualitas penyimpanan gabah atau beras, perlu dilakukan penyesuaian pada desain sistem penyimpanan dan pengelolaan kelembapan untuk mengatasi tantangan yang dihadapi selama periode dengan kelembapan yang lebih tinggi.

Setelah menghitung seluruh energi yang ada pada penyimpanan dapat dilakukan proses gambar dengan beberapa bukaan yang berbeda sesuai persentase yang dihitung sebelumnya. Dengan orientasi bangunan menghadap utara, dengan demikian cahaya yang masuk sangat baik karena masing-masing samping bangunan memiliki bukaan dan kaca yang cukup untuk menghasilkan pencahayaan. Pergerakan angin dengan outlet yang lebih sedikit cukup untuk menyebarkan angin secara rata jika panas didalam penyimpanan sangat tinggi.



Gambar 7. Desain Penyimpanan

Berdasarkan pada gambar 7, dalam pengamatan dan perhitungan yang digunakan dalam penelitian ini memiliki beberapa elemen dan nilai konduktan. Berikut keterangan elemen dan faktor konduktan yang digunakan dalam desain dan perhitungan ini.

Tabel 7. Faktor Konduktan yang Digunakan.

Elemen	Konduktan (W/m°C)
Atap	22,70
Dinding	13,18
Pintu	0,17
Kaca	0,78

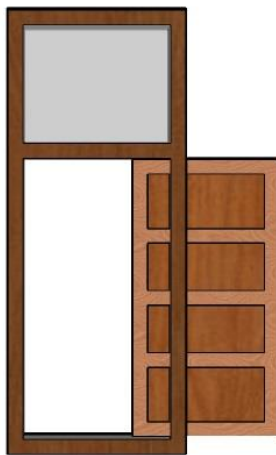
Dengan faktor konduktan sebesar 22,70 W/m°C, atap memiliki konduktivitas termal yang sangat tinggi. Ini menunjukkan bahwa atap menyerap dan mentransfer panas dengan efisien dari luar ke dalam atau sebaliknya. Faktor konduktan yang tinggi pada atap mengindikasikan bahwa atap dapat menjadi sumber utama masuknya panas atau dingin, tergantung pada kondisi lingkungan eksternal. Faktor konduktan dinding sebesar 13,18 W/m°C juga menunjukkan konduktivitas termal yang tinggi, tetapi lebih rendah dibandingkan dengan atap. Ini berarti dinding juga cukup efisien dalam mentransfer panas, tetapi tidak seefisien atap. Dinding akan berkontribusi pada stabilitas suhu dalam ruangan tetapi dengan dampak yang lebih kecil dibandingkan atap. Pintu memiliki faktor konduktan yang sangat rendah, yaitu 0,17 W/m°C. Ini menunjukkan bahwa pintu memiliki kemampuan isolasi termal yang sangat baik. Pintu ini dirancang untuk membatasi perpindahan panas antara bagian dalam dan luar ruangan. Faktor konduktan kaca sebesar 0,78 W/m°C menunjukkan bahwa kaca juga memiliki kemampuan isolasi yang relatif baik, tetapi tidak sebaik pintu. Kaca dapat mempengaruhi suhu dalam ruangan terutama jika banyak cahaya matahari yang masuk atau jika suhu luar sangat berbeda dari suhu dalam.

Konduktan yang tinggi pada atap dan dinding menunjukkan bahwa bagian-bagian tersebut akan mempengaruhi efisiensi energi secara signifikan. Desain bangunan harus mempertimbangkan penggunaan bahan isolasi tambahan pada atap dan dinding untuk mengurangi

konduktivitas termal dan meningkatkan efisiensi energi. Pintu dan kaca dengan konduktan yang lebih rendah membantu menjaga suhu di dalam ruangan, tetapi untuk mengoptimalkan performa termal secara keseluruhan, perhatian khusus harus diberikan pada elemen dengan konduktan tinggi seperti atap dan dinding.

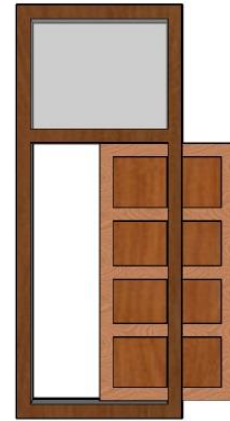
Faktor konduktan yang berbeda pada elemen-elemen bangunan menunjukkan perbedaan dalam efisiensi termal masing-masing komponen. Atap dan dinding memiliki konduktivitas termal yang tinggi, sehingga perlu ada langkah-langkah tambahan untuk isolasi guna menjaga kestabilan suhu. Pintu dan kaca, dengan konduktan yang lebih rendah, berfungsi sebagai penghalang yang baik untuk perpindahan panas. Dengan memahami faktor konduktan ini, dapat dilakukan perbaikan pada desain bangunan untuk meningkatkan efisiensi energi dan kenyamanan suhu.

Bukaan 75% adalah asumsi bukaan yang besar setelah bukaan keadaan maksimal pada *storage* ini dengan ukuran bukaan yang direncanakan pada kondisi persentase 75% memiliki tinggi 95 cm dan lebar 37,5 cm. Dengan demikian, bukaan 75% ini diharapkan mampu memberikan sirkulasi udara yang optimal dan mendukung efisiensi penyimpanan sesuai desain yang direncanakan. Desain dari bukaan persentase 75% dapat dilihat pada Gambar 8.



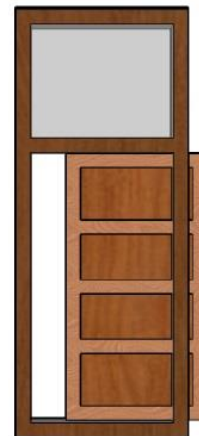
Gambar 8. Desain Bukaan 75%

Bukaan 50% adalah asumsi bukaan yang setengah dari bukaan keadaan maksimal pada *storage* ini dengan ukuran bukaan yang direncanakan pada kondisi persentase 50% memiliki tinggi 95 cm dan lebar 25 cm. Desain dari bukaan persentase 50% dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Desain Bukaan 50%

Bukaan 25% adalah asumsi bukaan yang kecil dari bukaan keadaan maksimal pada *storage* ini dengan ukuran bukaan yang direncanakan pada kondisi persentase 25% memiliki tinggi 95 cm dan lebar 12,5 cm. Desain dari bukaan persentase 25% dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10. Desain Bukaan 25%

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan pada pengamatan bulan Januari, nilai perpindahan panas radiasi pada kaca $2,847 \times 10^{-8}$ W, untuk nilai perpindahan panas konduksi atap 209,75 W, konduksi dinding 92,23 W, konduksi pintu 0,68 W, konduksi kaca 0,624 W, dan untuk nilai perpindahan konveksi atap 20,7 W, konveksi dinding 2,079 W, konveksi pintu 0,52 W, konveksi kaca 0,0288 W. Dengan hasil tersebut memiliki total nilai perpindahan panas terhadap *storage* sebesar 326,612 W. Sedangkan berdasarkan pengamatan bulan Juni, nilai perpindahan panas radiasi pada kaca $2,857 \times 10^{-8}$ W, untuk nilai perpindahan panas konduksi atap 314,62 W, konduksi dinding 138,39 W, konduksi pintu 1,02 W, konduksi kaca 0,936 W, dan untuk nilai perpindahan panas konveksi atap 35,82 W, konveksi dinding 3,24 W, konveksi pintu 0,8586 W, konveksi kaca 0,048 W. Dengan hasil tersebut memiliki total nilai perpindahan panas terhadap *storage* sebesar 494,933 W. Dengan hasil yang sudah didapatkan pada setiap

bulan pengamatan maka dapat dilihat perbedaan total nilai perpindahan panas, ini dikarenakan perbedaan musim atau *temperature* dan hal ini akan menghasilkan perbedaan difusivitas pada setiap bulannya $0,097 \frac{kg \text{ air}}{kg \text{ benda}}$ pada bulan Januari dan $0,0935 \frac{kg \text{ air}}{kg \text{ benda}}$ pada bulan Juni. Selain itu, faktor besarnya yang akan mempengaruhi penyimpanan ini pada keadaan ekstrim yang akan menyebabkan udara terkondensasi menjadi butiran air dan mengakibatkan air tersebut terdifusi pada gabah dan beras yang tersimpan pada *storage*, pada bulan pengamatan yang sudah dianalisis ada sebesar 0,75% udara yang terkondensasi pada bulan Januari dan ada sebesar 1,25% udara yang terkondensasi pada bulan Juni. Hal ini dikarenakan dalam keadaan ekstrim pada bulan Januari memiliki *temperature* rendah 22°C dengan *relative humidity* 90% pada jam 01.00 sampai 06.00 WIB sedangkan pada bulan Juni memiliki *temperature* rendah 21°C dengan *relative humidity* 90% pada jam 01.00 sampai 06.00

UCAPAN TERIMA KASIH

Penghargaan dan ucapan terima kasih kepada jurusan Teknik Mesin Universitas Singaperbangsa Karawang.

DAFTAR RUJUKAN

- [1] B. Siswanto, "Pengaruh penambahan material organik terhadap suhu koridor lingkungan", Tesis, Departemen Arsitektur, Universitas Indonesia, 2010.
- [2] Anonim, *Climate resilient cities: A primer on reducing vulnerabilities to climate change impacts and strengthening disaster risk management in east Asian cities*, Washington: World Bank, Ilobal Facility for Disaster Reduction and Recovery, International Strategy for Disaster Reduction, 2008, Hal. 141.
- [3] ESDM, *Panduan Penggunaan Untuk Sektor Rumah Tangga: Indonesia 2050 Pathway Calculator*, 2010.
- [4] R. Lapisa, dkk, "Pemanfaatan teknik pendingin pasif untuk meningkatkan performa termal bangunan residensial di Indonesia," dalam *Seminar Nasional Vokasi dan Teknologi (SEMNASVOKTEK)*, Bali, 2017, hal. 2541-3058.
- [5] M. Santamouris, dkk, *Advances in passive cooling*, Earthscan, London, 2007.
- [6] S. Umar, dan T. Alihamsyah, *Mekanisme Pertanian (Untuk Produksi Pada di Lahan Rawa Pasang Surut)*, IAARD PRESS, Litbang Pertanian, 2014, hal. 130-137.
- [7] A. W. Anggara, dan Sudarmaji, "Hama pascapanen padi dan pengendaliannya," BBPADI, Kementerian Pertanian, 2008, hal. 441-472.
- [8] E. Septianingrum, dan B. Kusbiantoro, "Upaya memperpanjang umur simpan (*shelf life*) gabah atau beras melalui pengendalian terhadap factor-faktor penyimpanan dan metode penyimpanannya," BBPADI, Kementerian Pertanian, 2015, hal. 336-346.
- [9] T. H. Karyono, "Bangunan hemat energi: rancangan pasif dan aktif," *Kompas*, Universitas Tarumanagara, Oct. 2004.
- [10] H. Rosenlund, "Climatic design of buildings using passive techniques," *Building Issues*, vol. 10, no. 1. 2000.
- [11] Y. Cui, dkk, "Experimental and Theoretical Study on the Heat Transfer Coefficients of Building External Surfaces in the Tropical Island Region," *Applied Sciences*, vol. 9, no.6, Mar. 2019.
- [12] L. M. F. Purmwanto, dan K. Tichelmann, "Solar heat transfer in architectural glass facade in Semarang Indonesia," *ITU A/Z Journal of the Faculty of Architecture*, vol. 15, no. 2, Jul. 2018.
- [13] B. Givoni, *Man, Climate and Architecture*, Applied Science Publishers, London, 1976.
- [14] F. P. Incropera, dkk, *Fundamentals of Heat and Mass Transfer 6th Edition*, John Wiley & Sons, Inc. United States of America, 2007, hal. 2.
- [15] F. P. Incropera, dkk, *Fundamentals of Heat and Mass Transfer 7th Edition*, John Wiley & Sons, Inc. United States of America, 2011, hal. 3.
- [16] NASA, *POWER | Data Access Viewer*, 2021, Tersedia: <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/>.