STUDI VARIASI MODEL ALAS MEJA KRISTALISASI GARAM DENGAN PENAMBAHAN MATERIAL LOGAM

SKRIPSI

Disusun Oleh

ATIKA

H74216050

PROGRAM STUDI ILMU KELAUTAN

FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN AMPEL

SURABAYA

2020

PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : Atika

NIM : H74216050

Program Studi : Ilmu Kelautan

Angkatan : 2016

Menyatakan bahwa saya tidak melakukan plagiat dalam penulisan skripsi saya yang berjudul "STUDI VARIASI MODEL ALAS MEJA KRISTALISASI GARAM DENGAN PENAMBAHAN MATERIAL LOGAM". Apabila suatu saat nanti saya terbukti melakukan tindakan plagiat, maka saya bersedia menerima sanksi yang telah ditetapkan.

Demikian pernyataan keaslian ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Surabaya, 06 Agustus 2020

Yang menyatakan,

Atika

NIM. H74216050

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

Skripsi oleh

NAMA : ATIKA

NIM : H74216050

JUDUL : STUDI VARIASI MODEL ALAS MEJA KRISTALISASI GARAM DENGAN PENAMBAHAN MATERIAL LOGAM

Ini telah diperiksa dan disetujui untuk diujikan.

Surabaya, 27 Juli 2020

Dosen Pembimbing 1	Dosen Pembimbing 2
(Asri Sawiji, M.T)	(Wiga Alif Violando, M.P)
NIP. 198706262014032003	NIP.199203292019031012

PENGESAHAN TIM PENGUJI SKRIPSI

Skripsi Atika ini telah dipertahankan

didepan tim penguji skripsi

Surabaya, 29 Juli 2020

Mengesahkan,

Dewan Penguji

Penguji I

(Asri Sawiji, M.T)

NIP.198706262014032003

Penguji II

(Wiga Alif Violando, M.P)

NIP.199203292019031012

Penguji III

(Fajar Setiawan, M.T)

NIP.198405062014031001

Penguji IV

(Mauludiyah, M.T)

NUP. 201409003

Mengetahui,

Plt. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

UIN Sunan Ampel Surabaya

(Dr. Hj. Evi Fatimatur Rusydiyah, M.Ag)

NIP. 197312272005012003

KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN AMPEL SURABAYA
PERPUSTAKAAN
Jl. Jend. A. Yani 117 Surabaya 60237 Telp. 031-8431972 Fax.031-8413300
E-Mail: perpus@uinsby.ac.id

LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademika UIN Sunan Ampel Surabaya, yang bertanda tangan di bawah ini, saya:

Nama : Atika
NIM : H74216050
Fakultas/Jurusan : Fakultas Sains Dan Teknologi / Ilmu Kelautan
E-mail address : atikamalik296@gmail.com

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya, Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif atas karya ilmiah :

☒ Sekripsi ☐ Tesis ☐ Desertasi ☐ Lain-lain (……)

yang berjudul :
Studi Variasi Model Alas Meja Kristalisasi Garam Dengan Penambahan Material Logam

beserta perangkat yang diperlukan (bila ada). Dengan Hak Bebas Royalti Non-Ekslusif ini Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya berhak menyimpan, mengalih-media/format-kan, mengelolanya dalam bentuk pangkalan data (database), mendistribusikannya, dan menampilkan/mempublikasikannya di Internet atau media lain secara ***fulltext*** untuk kepentingan akademis tanpa perlu meminta ijin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan atau penerbit yang bersangkutan.

Saya bersedia untuk menanggung secara pribadi, tanpa melibatkan pihak Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya, segala bentuk tuntutan hukum yang timbul atas pelanggaran Hak Cipta dalam karya ilmiah saya ini.

Demikian pernyataan ini yang saya buat dengan sebenarnya.

Surabaya, 6 Agustus 2020
Penulis

(Atika)

ABSTRAK

STUDI VARIASI MODEL ALAS MEJA KRISTALISASI GARAM DENGAN PENAMBAHAN MATERIAL LOGAM

Oleh:

Atika

Impor garam masih dilakukan oleh pemerintah untuk memenuhi kebutuhan garam nasional, hal ini karena rendahnya hasil produksi garam. Berbagai upaya dilakukan dalam meningkatkan produksi garam seperti penerapan plastik prisma dan penggunaan *geomembran* HDPE (*High Density Poliethylene*). Akan tetapi teknologi yang ada hanya digunakan pada tambak skala sempit. Penelitian ini bertujuan untuk mempercepat laju evaporasi pada proses produksi garam tradisional dengan memanfaatkan material logam sebagai alast tambahan agar dapat menambah panas di bawah *geomembran* HDPE yang diaplikasikan pada meja kristalisasi garam. Penambahan material logam tersebut berupa seng dan besi *hollow* karena memiliki nilai konduktivitas termal yang baik dengan nilai 104,7 W.m/K pada seng dan 74,48 W.m/K pada besi *hollow*. Hasil yang diperoleh dari penelitian ini yakni variasi model alas dengan tambahan seng dan besi yang disusun secara seri vertikal dapat meningkatkan laju evaporasi lebih cepat 3 hari pada kelembaban udara 69% dan 5 hari pada kelembaban 76% dibandingkan model ladang garam yang hanya beralaskan *geomembran* HDPE.

Kata kunci : *garam, laju evaporasi, material logam, teknologi garam*

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

ABSTRACT

STUDY OF VARIATION SALT CRYSTALLIZATION BASE MODELS WITH ADDITION OF METAL MATERIALS

Oleh:

Atika

The government is still importing salt to meet national salt needs, this is because of low salt production. Various efforts were made to increase salt production, such as the application of prismatic plastics and the use of HDPE (High-Density Polyethylene) geomembrane. However, the existing technology is only used on a narrow scale pond. This study aims to accelerate the rate of evaporation in the traditional salt production process by utilizing metal additional in order to increase the heat under the HDPE geomembrane applied to the salt crystallization table. The addition of metal material is zinc and *hollow* iron because it has good thermal conductivity values with a value of 104.7 W.m/K for zinc and 74.48 W.m/K for *hollow* iron. The results obtained from this study variation in the base model with the addition of zinc and iron arranged vertically to increase the evaporation rate of 3 days faster at 69% air humidity and 5 days at 76% humidity compared to the salt field model which is only based on HDPE geomembrane.

Keyword : *salt, evaporation rate, metal materials, salt technology*

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

DAFTAR ISI

PERNYATAAN KEASLIAN iii

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING iv

PENGESAHAN TIM PENGUJI SKRIPSI v

LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI vi

ABSTRAK vii

ABSTRACT viii

KATA PENGANTAR ix

DAFTAR ISI xi

DAFTAR TABEL xiv

DAFTAR GAMBAR xvii

BAB I PENDAHULUAN 1

1.1 Latar Belakang 1

1.2 Rumusan Masalah 4

1.3 Tujuan 4

1.4 Manfaat 4

1.5 Batasan Masalah 5

BAB II TINJAUAN PUSTAKA 7

2.1 Garam 7

2.2 Sejarah Proses Produksi Garam 8

2.3 Kalor dan Perpindahan Kalor 15

2.3.1 Laju Perpindahan Kalor Pada Besi (Fe) dan Seng (Zn) 17

2.4 Prinsip Dasar Penguapan 19

2.5 Geomembrane 21

2.6 Terpal Plastik 23

2.7 Material Logam Besi (Fe) 24

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

2.8 Material Logam Seng (Zn) 25
2.9 Penelitian Terdahulu 27
BAB III METODOLOGI PENELITIAN 31
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian 31
3.2 Alat dan Bahan Penelitian 31
3.3 Deskripsi Penelitian 34
3.4 Mekanisme Penelitian 43
3.5 Waktu Penelitian 52
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN 55
4.1 Perpindahan Kalor 55
4.1.1 Kalor Pada Percobaan 1 79
4.1.2 Kalor Pada Percobaan 2 80
4.1.3 Kalor Pada Percobaan 3 81
4.2 Laju Evaporasi 85
4.2.1 Laju Evaporasi Pada Percobaan 1 88
4.2.2 Laju Evaporasi Pada Percobaan 2 101
4.2.3 Laju Evaporasi Pada Percobaan 3 112
4.3 Perbandingan Kalor dan Laju evaporasi 130
BAB V PENUTUP 141
5.1 Kesimpulan 141
5.2 Saran 142
Daftar Pustaka 144

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

"halaman ini sengaja dikosongkan"

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Konduktivitas Termal Air 16
Tabel 2.2. Konduktivitas Termal Gas 16
Tabel 2.3. Hasil Uji Kualitas Garam Antara Geomembran HDPE dan Konvensional..... 22
Tabel 3.1 Spesifikasi Alat dan Kegunaan 31
Tabel 3.2 Spesifikasi Bahan dan Kegunaan..... 32
Tabel 3.3. Jadwal Penelitian..... 52
Tabel 4.1. Lapisan Alas Model Ladang Garam Perlakuan 1 56
Tabel 4.2. Perhitungan Total Kalor Pada Perlakuan 1 56
Tabel 4.3. Lapisan Alas Model Ladang Garam Perlakuan 2 60
Tabel 4.4. Perhitungan Total Kalor Pada Perlakuan 2 60
Tabel 4.5. Lapisan Alas Model Ladang Garam Perlakuan 3 65
Tabel 4.6. Perhitungan Total Kalor Pada Perlakuan 3 66
Tabel 4.7. Lapisan Alas Model Ladang Garam Perlakuan 4 72
Tabel 4.8. Perhitungan Total Kalor Pada Perlakuan 4 72
Tabel 4.9. Suhu Pada Malam Hari Pada Perlakuan 1 84
Tabel 4.10. Suhu Pada Malam Hari Pada Perlakuan 2 84
Tabel 4.11. Suhu Pada Malam Hari Pada Perlakuan 3 84
Tabel 4.12. Suhu Pada Malam Hari Pada Perlakuan 4 84
Tabel 4.13. Laju Evaporasi Air Garam pada Perlakuan 1 Percobaan 1 89
Tabel 4.14. Data Pengamatan Proses Evaporasi Air Garam Pada Perlakuan 1 Percobaan ke-1 90
Tabel 4.15. Laju Evaporasi Air Garam pada Perlakuan 2 Percobaan 1 93
Tabel 4.16. Data Pengamatan Proses Evaporasi Air Garam Pada Perlakuan 2 Percobaan ke-1 94
Tabel 4.17. Laju Evaporasi Air Garam pada Perlakuan 3 Percobaan 1 96
Tabel 4.18. Data Pengamatan Proses Evaporasi Air Garam Pada Perlakuan 3 Percobaan ke-1 97
Tabel 4.19. Laju Evaporasi Air Garam pada Perlakuan 4 Percobaan 1 99
Tabel 4.20. Data Pengamatan Proses Evaporasi Air Garam Pada Perlakuan 4 Percobaan ke-1 100

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Tabel 4.21. Laju Evaporasi Air Garam pada Perlakuan 1 Percobaan 2 .. 102
Tabel 4.22. Data Pengamatan Proses Evaporasi Air Garam Pada Perlakuan 1 Percobaan ke-2 103
Tabel 4.23. Laju Evaporasi Air Garam pada Perlakuan 2 Percobaan 2 .. 104
Tabel 4.24. Data Pengamatan Proses Evaporasi Air Garam Pada Perlakuan 2 Percobaan ke-2 105
Tabel 4.25. Laju Evaporasi Air Garam pada Perlakuan 3 Percobaan 2 .. 107
Tabel 4.26. Data Pengamatan Proses Evaporasi Air Garam Pada Perlakuan 3 Percobaan ke-2 108
Tabel 4.27. Laju Evaporasi Air Garam pada Perlakuan 4 Percobaan 2 .. 110
Tabel 4.28. Data Pengamatan Proses Evaporasi Air Garam Pada Perlakuan 4 Percobaan ke-2 111
Tabel 4.29. Laju Evaporasi Air Garam pada Perlakuan 1 Percobaan 3 .. 113
Tabel 4.30. Data Pengamatan Proses Evaporasi Air Garam Pada Perlakuan 1 Percobaan ke-3 115
Tabel 4.31. Laju Evaporasi Air Garam pada Perlakuan 2 Percobaan 3 .. 118
Tabel 4.32. Data Pengamatan Proses Evaporasi Air Garam Pada Perlakuan 2 Percobaan ke-3 120
Tabel 4.33. Laju Evaporasi Air Garam pada Perlakuan 3 Percobaan 3 .. 122
Tabel 4.34. Data Pengamatan Proses Evaporasi Air Garam Pada Perlakuan 3 Percobaan ke-3 124
Tabel 4.35. Laju Evaporasi Air Garam pada Perlakuan 4 Percobaan 3 .. 127
Tabel 4.36. Data Pengamatan Proses Evaporasi Air Garam Pada Perlakuan 4 Percobaan ke-3 128
Tabel 4.37. Hasil Pengukuran Kalor, Suhu Lingkungan dan Kelembaban Selama Percobaan 130
Tabel 4.38. Rata-rata Kalor, Laju Evaporasi dan Garam yang Dihasilkan 139

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

"halaman ini sengaja dikosongkan"

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Evolusi Produksi Garam 9
Gambar 2.2. Plate Heat Exchanger 18
Gambar 2.3. Kualitas Garam Konvensional (Atas) dan Geomembran HDPE (Bawah) 23
Gambar2.4. Material Besi *Hollow* 25
Gambar 3.1. Alat dan Bahan Penelitian 34
Gambar 3.2. Ilustrasi Perlakuan 1 35
Gambar 3.3. Ilustrasi Perlakuan 2 37
Gambar 3.4. Ilustrasi Perlakuan 3 39
Gambar3.5. Ilustrasi Perlakuan 4 41
Gambar 3.6. Bagan Alur Penelitian 43
Gambar 3.7. Prosedur Pengambilan Data 44
Gambar 3.8. Skematik perpindahan panas konduksi untuk susunan seri . 50
Gambar 4.1 Perbandingan Total Kalor yang Dihasilkan di Setiap Perlakuan Pada Percobaan 1 80
Gambar 4.2 Perbandingan Total Kalor yang Dihasilkan di Setiap Perlakuan Pada Percobaan ke 2 81
Gambar 4.3. Perbandingan Total Kalor yang Dihasilkan di Setiap Perlakuan Pada Percobaan 3 82
Gambar4.4. Perbandingan Jumlah Kalor Malam Hari Percobaan ke 3 85
Gambar 4.5. Kalor Kumulatif Pada Perlakuan 1 Percobaan 1 89
Gambar 4.6. Kalor Kumulatif Pada Perlakuan 2 Percobaan 1 93
Gambar 4.7. Kalor Kumulatif Pada Perlakuan 3 Percobaan 1 96
Gambar 4.8. Kalor Kumulatif Pada Perlakuan 4 Percobaan 1 98
Gambar 4.9 Kalor Kumulatif Pada Perlakuan 1 Percobaan 2 101
Gambar 4.10. Kalor Kumulatif Pada Perlakuan 2 Percobaan 2 104
Gambar 4.11. Kalor Kumulatif Pada Perlakuan 3 Percobaan 2 107
Gambar 4.12. Kalor Kumulatif Pada Perlakuan 4 Percobaan 2 109
Gambar 4.13. Kalor Kumulatif Pada Perlakuan 1 Percobaan 3 113
Gambar 4.14. Kalor Kumulatif Pada Perlakuan 2 Percobaan 3 118
Gambar 4.15. Kalor Kumulatif Pada Perlakuan 3 Percobaan 3 122

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Gambar 4.16. Kalor Kumulatif Pada Perlakuan 4 Percobaan 3 127
Gambar 4.17. Kalor dan Kelembaban Pada Perlakuan 1 131
Gambar 4.18. Kalor dan Kelembaban Pada Perlakuan 2 132
Gambar 4.19. Kalor dan Kelembaban Pada Perlakuan 3 132
Gambar 4.20. Kalor dan Kelembaban Pada Perlakuan 4 132
Gambar 4.21. Kalor Kumulatif Pada Percobaan 1 134
Gambar 4.22. Laju Evaporasi Tiap Perlakuan Pada Percobaan 1 134
Gambar 4.23. Kalor Kumulatif Pada Percobaan ke 2 135
Gambar 4.24. Laju Evaporasi Tiap Perlakuan Pada Percobaan 2 136
Gambar 4.25. Kalor Kumulatif Pada Percobaan ke 3 137
Gambar 4.26. Laju Evaporasi Tiap Perlakuan Pada Percobaan 3 137

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

" halaman ini sengaja dikosongkan"

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

وَهُوَ الَّذِى مَرَجَ الْبَحْرَيْنِ هَذَا عَذْبٌ فُرَاتٌ وَهَذَا مِلْحٌ أُجَاجٌ
وَجَعَلَ بَيْنَهُمَا بَرْزَخًا وَحِجْرًا مَّحْجُورًا ۞

Artinya :"Dan Dialah yang membiarkan dua laut yang mengalir (berdampingan) yang ini tawar segar dan yang lain asin lagi pahit, dan Dia jadikan antara keduanya dinding dan batas yang menghalanginya." (Surat Al-Furqon ayat 53)

Ayat di atas menjelaskan bahwasannya laut merupakan sumber garam karena air laut mengandung beberapa campuran mineral garam di antara klorida (55,04%), natrium (30,61%), magnesium (3,69&), kalsium (1,16%), kalium (1,10%) dan sisanya terdiri dari bikarbonat, bromida, asam borak, strondium dan florida sebesar kurang dari 1% (Purbani, 2013). Indonesia merupakan negara kepulauan dimana 1/3 wilayah Indonesia merupakan laut. Kondisi geografis yang seperti ini menjadikan masyarakat pesisir banyak yang mengolah air laut menjadi garam salah satu wilayah Indonesia yang terkenal akan produksi garamnya yakni di Propinsi Jawa Timur khususnya Pulau Madura (Amami & Ihsannudin, 2016). Kementerian Kelautan dan Perikanan Indonesia (2011) menyatakan bahwasannya Propinsi Jawa Timur merupakan kawasan yang memiliki potensi dalam memproduksi garam sekitar 52% dari kebutuhan garam nasional. Kebutuhan garam nasional pada tahun 2019 mencapai 4,7 juta ton, jumlah tersebut diperkirakan terus bertambah seiring dengan peningkatan jumlah penduduk dan pertumbuhan industri. Total produksi garam nasional pada tahun 2019 mencapai angka 2,3 juta ton atau hanya 50% produksi garam nasional dapat terpenuhi dari petani garam lokal, untuk menutupi kurangnya kebutuhan garam, maka pemerintah melakukan importasi garam pada saat di luar musim panen. Berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik (BPS) tahun 2019 Indonesia mengimpor garam dari Australia, India, Tiongkok, Selandia Baru, Singapura, Jerman dan Denmark dengan jumlah total mencapai 2,6 ton jumlah tersebut setara dengan US$ 95,52 juta dan angka tersebut nilainya lebih besar dari pada produksi garam nasional.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Pembuatan garam pada negara tropis seperti Indonesia umunya masih banyak memanfaatkan teknologi tradisional dengan metode *solar evaporation*. Penerapan metode *solar evaporation* merupakan sebuah metode yang memanfaatkan sinar matahari untuk menguapkan air laut. Adanya sinar matahari yang dapat meningkatkan suhu dan kalor sehingga dapat digunakan pada proses terbentuknya garam. Suhu dan kalor pada metode *solar evaporation* sudah dijelaskan dalam surat An-Nahl ayat 13 yang berbunyi:

وَمَاذَرَ أَلَكُمْ فِى الْاَرْضِ مُخْتَلِفًا أَلْوَنُهُۥٓ إِنَّ فِى ذَلِكَ لَأَ يَةً لِّقَوْمٍ يَذَّكَّرُونَ ۞

Artinya : “dan Dia (menundukkan pula) apa yang Dia ciptakan untuk kamu di bumi ini dengan berlain-lainan macamnya. Sesungguhnya pada yang demikian itu benar-benar terdapat tanda (kekuasaan Alla) bagi kamu yang mengambil pelajaran.”

Secara harfiah ayat di atas menjelaskan bahwasannya Allah SWT menciptakan jenis benda dengan berbagai wujud dan sifat atau potensinya. Salah satu contoh wujud dan sifat yang diciptakan Allah SWT yakni energi matahari berupa suhu dan kalor. Metode *solar evaporation* memanfaatkan suhu dan kalor yang dihasilkan oleh energi matahari secara radiasi, penerapan metode tersebut banyak dilakukan oleh masyarakat petani tambak garam karena biaya operasional rendah serta prosesnya yang mudah. Akan tetapi penerapan metode tersebut dapat mempengaruhi total produksi garam yang dihasilkan karena metode *solar evaporation* bergantung pada kondisi iklim di antaranya yakni kelembaban udara, kecepatan angin dan laju energi matahari yang terabsorbsi (Gustiawati, 2016).

Di Indonesia banyak penelitian yang melakukan pembaharuan menggunakan metode *solar evaporation* salah satunya yakni dengan menggunakan plastik prisma, namun cara ini tidak banyak diterapkan karena hanya dapat dilakukan untuk lahan tambak yang sempit, selain itu terdapat inovasi lain yakni dengan memanfaatkan *geomembran* HDPE yang dapat menghasilkan garam dengan kualitas yang lebih baik dari pada tanpa menggunakan alas *geomembran* (langsung alas tanah) (Rusiyanto dkk, 2013). Akan tetapi sebagian besar lahan

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

tambak traditional mempunyai ukuran yang luas sehingga perlu adanya solusi supaya produksi garam tidak membutuhkan waktu yang lama namun tetap menghasilkan kualitas garam yang baik. Tujuan dari penelitian yang akan dilakukan yakni untuk mempercepat laju evaporasi garam menggunakan metode *solar evaporation* dengan tetap memanfaatkan *geomembran* HDPE namun dilakukan inovasi pada alas meja kristalisasi garam dengan menggunakan materil logam seperti seng (Zn) dan besi (Fe). Pemanfaatan logam tersebut karena memiliki konduktivitas termal yang tinggi dimana seng sebesar 104,7 W.m/K (Nunes, et al., 1992) sedangkan besi sebesar 74,48 W.m/K (Akridge, 2007) dan logam tersebut sudah dijelaskan dalam Surat AL-Hadiid ayat 57 yang berbunyi :

لَقَدْ أَرْسَلْنَا رُسُلَنَا بِالْبَيِّنَتِ وَأَنْزَلْنَا مَعَهُمُ الْكِتَبَ وَالْمِيزَانَ
لِيَقُومَ النَّاسُ بِالقِسطِ ۖ وَأَنْزَلْنَا الحَدِيْدَ فِيْهِ بَأْسُ شَدِيْدُ وَمَنَفِعُ
لِلنَّاسِ وَلِيَعْلَمَ اللهُ مَنْ يَنْصُرُهُ وَرُسُلَهُ بِاالغَيْبِ ۚ إِنَّ اللهَ قَوِيٌّ
عَزِيْزُ ۞

Artinya :"Sesungguhnya kami telah mengutus rasul-rasul kami dengan membawa bukti-bukti nyata dan telah kami turunkan bersama mereka Al-kitab dan neraca (keadilan) supaya manusia dapat melaksanakan keadilan. Dan Kami ciptakan besi yang padanya terdapat kekuatan yang hebat dan berbagai manfaat bagi manusia (supaya mereka mempergunakan besi itu) dan supaya Allah mengetahui siapa yang menolong (agama) Nya dan rasul-rasul Nya padahal Allah tidak dilihatnya. Sesungguhnya Allah Maha Kuat lagi Maha Perkasa.

Kutipan ayat tersebut dalam penerapannya pada penelitian yang akan dilakukan yakni dengan menggunakan sebuah inovasi yang memanfaatkan material logam seperti seng (Zn) dan besi (Fe) sebagai alas tambahan meja kristalisasi garam, penggunaan kedua material logam tersebut karena mudah ditemui oleh masyarakat, logam seng (Zn) dan besi (Fe) bersifat konduktor, memiliki nilai konduktivitas yang cukup tinggi sehingga mampu menambah energi kalor dan diperkirakan akan mudah diterapkan di lahan yang luas. Dengan demikian adanya penelitian ini

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

diharapkan dapat digunakan sebagai alternatif untuk mempercepat laju evaporasi pada produksi garam sehingga dapat mempercepat waktu panen.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian di atas masalah yang dapat dirumuskan adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana perbandingan total kalor yang dihasilkan dari variasi model alas meja kristalisasi garam dengan penambahan material logam?
2. Bagaimana perbandingan laju evaporasi pada variasi model alas meja kristalisasi garam dengan penambahan material logam?

1.3 Tujuan

Adapun tujuan dari penelitian ini yakni sebagai berikut :

1. Mengetahui pengaruh penambahan material logam terhadap jumlah kalor yang dihasilkan pada variasi model alas meja krisrtalisasi
2. Memberikan informasi mengenai perbedaan laju evaporasi pada variasi model ladang garam dengan penambahan material logam

1.4 Manfaat

Manfaat dari penelitian ini yaitu, sebagai berikut :

1. Bagi Kampus UIN Sunan Ampel Surabaya
   a. Diharapkan dapat memberikan sumbangan pengetahuan, sehingga dapat digunakan sebagai dasar ilmu pengetahuan untuk penelitian selanjutnya terutama tentang teknologi dalam mendukung proses produksi garam di Indonesia
   b. Memberikan sumber informasi sehingga dapat menumbuhkan penelitian yang mengedepankan inovasi dengan memanfaatkan material – material dari logam yang mudah ditemui sehingga penelitian dapat bermanfaat bagi masyarakat
   c. Sebagai informasi mengenai cara mempercepat laju evaporasi garam dengan memanfaatkan bahan rongsokan sehingga dapat mengurangi limbah logam dengan memanfaatkan kembali (*recycle*) bahan-bahan rongsokan khusunya logam besi (Fe) dan seng (Zn)

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

2. Bagi masyarakat
   a. Memberikan informasi mengenai teknologi dengan modifikasi alas dengan menggunakan logam besi (Fe) dan seng (Zn) yang merupakan konduktor baik sehingga dapat menambah suhu alas pada tambak garam yang diharapkan dapat mempersingkat proses kristalisasi garam
   b. Sebagai teknologi alternatif dalam peningkatan produksi garam

1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini yakni sebagai berikut :

1. Modifikasi alas yang digunakan hanya menggunakan 2 material logam yakni besi (Fe) dan seng (Zn)
2. Parameter yang diukur dalam penelitian ini adalah perubahan suhu dan ketinggian air bahan
3. Penelitian ini mengabaikan faktor aliran *fluida* air, kecepatan aliran air dan sifat kaca sebagai penambah intensitas suhu
4. Tidak memperhitungkan faktor kelembaban tanah
5. Tidak memperhitungkan sifat korosif dari material
6. Penelitian dilakukan pada skala laboratorium

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

"halaman ini sengaja dikosongkan"

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Garam

Garam merupakan suatu kumpulan senyawa kimia yang terdiri dari *Natrium klorida* (NaCl) sebagai bagian utama dan zat-zat lainnya yang meliputi *Magnesium Sulfat* ($MgSO_4$), *Magnesium Chlorida* ($MgCl_2$), *Calsium Chlorida* ($CaSO_4$) dan lain lain (Marihati dan Muryati, 2008 *dalam* Purbani, 2013). Secara fisik, garam berupa padatan berwarna putih kristal yang seringkali digunakan untuk kebutuhan pangan, serta bermanfaat sebagai sumber elektrolit bagi tubuh manusia. Karakteristik dari garam meliputi mudah menyerap air, tingkat kepadatan (*bulk density*) antara 0,8 – 0,9 dan titik lebur ditingkat suhu 801°C (Zaelana, 2012 *dalam* Adiraga, 2013). Berdasarkan kadarnya, garam dikelompokkan menjadi beberapa golongan yakni pertama garam industri yang mengandung NaCl sebesar 97% atau lebih, dengan kandungan *impurities* (magnesium, kalsium, sulfat serta *impurities* lainnya) yang sangat kecil. Biasanya dalam dunia industri garam banyak dimanfaatkan sebagai pembuatan soda dan *chlor*, perminyakan, penyamakan kulit dan *pharmaceutical salt*. Kedua yakni garam konsumsi mengandung kadar NaCl sebesar 97% atas dasar bahan kering dengan kandungan *impurities* (magnesium, kalsium dan sulfat) sebesar 2%, zat pengotor lainnya 1% dan kadar air maksimal 7%, kelompok ini banyak digunakan untuk konsumsi pada industri makanan, rumah tangga, minyak goreng, pengasinan dan pengawetan ikan.

Ketiga yakni garam pengawetan dimana jenis garam ini, biasanya ditambahkan pada proses pengolahan pangan tertentu seperti fermentasi dan enzimatis, contohnya pada pengolahan acar, pembuatan kecap ikan, pembuatan daging kering dan pembuatan keju. Keempat yakni garam dapur atau laut yang diperoleh melalui penguapan air laut dengan proses sederhana dan meninggalkan sejumlah mineral atau elemen lainnya (bergantung sumber air). Jumlah mineral tidak signifikan sehingga memberikan rasa dan warna pada garam laut serta tekstur garam dipasaran lebih bervariasi ada yang halus dan terdapat pula yang lebih kasar, dan garam dapur mengandung ± 0,0016% yodium. Kemudian garam meja, garam tersebut berbeda dengan garam laut, dimana garam ini diperoleh melalui tambang

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

bawah tanah, pembuatan garam meja lebih berat untuk menghilangkan mineral dan biasanya mengandung zat aditif untuk mencegah penggumpalan. Garam meja yang beredar luas dipasaran kebanyakan telah ditambahkan yodium dan nutrisi penting yang terbentuk secara alami dalam jumlah kecil pada garam laut.

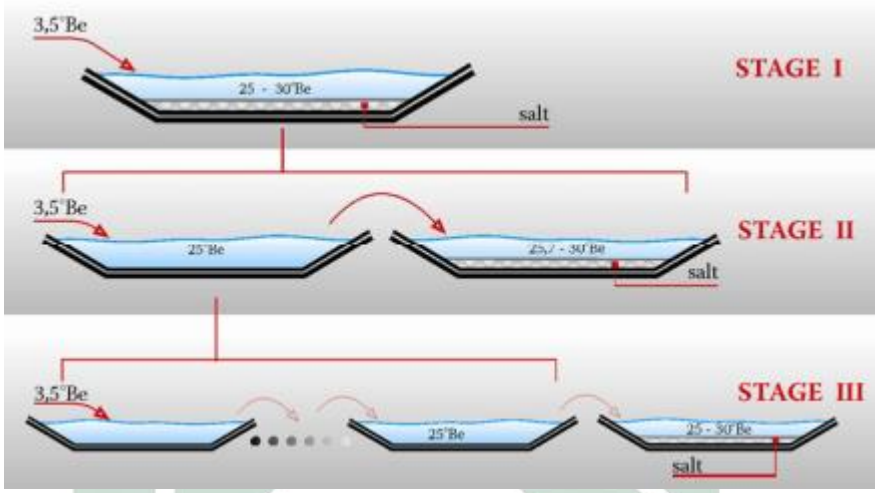
2.2 Sejarah Proses Produksi Garam

Garam merupakan mineral yang paling banyak digunakan dalam sejarah peradaban manusia. Pada awal peradaban, manusia menghasilkan garam melalui proses penguapan matahari. Mulanya garam digunakan hanya untuk memenuhi kebutuhan manusia, seiring berjalannya waktu maka garam kemudian berkembang menjadi bahan pengawet, selanjutnya sebagai bahan baku industri kimia. Terjadi peningkatan konsumsi garam diseluruh dunia, saat ini jumlah konsumsi garam mencapai angka 200 juta ton per tahun. Proses produksi garam dengan cara kondensasi air laut, mengarah pada kristalisasi fraksional dari semua garam yang terkandung sehingga didapatkan NaCl murni. Dalam mengukur konsentrasi air laut maka dapat menggunakan *skala baume* (°Be). Penguapan air laut oleh matahari akan menghasilkan garam berturut-turut yakni fase pertama terjadi pengendapan $CaCO_3$ pada densitas *brine* atau air tua terjadi dikonsetrasi 3°Be hingga 13°Be, kemudian fase kedua $CaSO_4.2H_2O$ yang mengendap pada konsentrasi 13°Be sampai 16,4°Be dan pada 16,4°Be hingga 25,6°Be terbentuk $CaSO_4$ selanjutnya fase ketiga pembentukan kristal NaCl yang dapat terbentuk pada konsentrasi 25,6°Be hingga 30°Be, fase yang terakhir pada saat densitas lebih dari 30°Be maka yang tersisa yakni *bittern* mengandung $MgCl_2$, $NaSO_4$ dan senyawa lainnya (Bramawanto, 2017).

Pada mulanya garam ditemukan oleh manusia dalam cekungan pantai, laguna atau danau dimana di dalamnya air laut dapat terperangkap, air laut yang terperangkap selanjutnya terkena sinar matahari sehingga terjadi proses penguapan lalu membentuk garam dengan kualitas tinggi. Akan tetapi garam yang terbentuk melalui proses ini memiliki kelemahan dimana semua kandungan air laut mengendap bersama dengan terbentuknya garam sehingga untuk menghasilkan NaCl murni menjadi sulit. Adanya kelemahan tersebut, maka manusia meningkatkan kualitas garam dengan cara menambah kolam (Korovessis & Lekkas, 2009). Dengan adanya dua kolam maka penguapan yang awalnya tungga

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

menjadi dua, sehingga kolam pertama digunakan sebagai kolam perawat dan kolam kedua digunakan untuk produksi air garam jenuh seperti Gambar 2.1



Gambar 2.1 Evolusi Produksi Garam

Sumber : Krovessis dan Lekkas tahun 2009

Pada proses kedua kolam kedua terjadi proses kristalisasi namun kandungan kelarutan NaCl hanya sedikit yang terbentuk atau NaCl masih belum murni karena $CaCo_3$ dan $CaSO_4$ masih mengkristal dikolam. Selanjutnya yakni tahap ketiga, dimana terdapat pembagian kolam menjadi beberapa kolam yang masih berhubungan seperti pada gambar 2.1. Tahap ketiga dibuat untuk meningkatkan kualitas kandungan NaCl dan desain pada tahap ketiga banyak diterapkan pada *solar saltworks* saat ini. Dengan menerapkan desain ketiga, air laut masuk pada kolam perawatan (kolam pertama) kemudian diuapkan di bawah sinar matahari, selanjutnya air laut kolam pertama akan dialirkan pada kolam berikutnya karena konsentrasi air laut sudah meningkat dari sebelumnya. Dialirkan kembali pada kolam berikutnya hingga pada kolam terakhir konsentrasi sudah menjadi 25,7°Be dimana konsentrasi tersebut sudah sesuai dengan air garam jenuh terbentuknya NaCl. Korovessis & Lekkas (2009) menjelaskan lebih lanjut bahwasannya penerapan tahap ketiga memiliki beberapa keuntungan seperti dapat mencapai kualitas dan tingkat produksi garam yang optial karena konsentrasi air laut dalam kolam dapat terkontrol dengan baik sehingga akan menghasilkan kondisi yang optimal dan stabil terutama saat proses kristalisasi. Selain itu dapat meningkatkan laju produksi garam karena konsetrasi air asin rata-rata akan menurun drastis

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

dibandingkan pada tahap ke dua. Proses kritalisasi garam terbentuk akibat adanya air laut yang diuapkan hingga menjadi air tua (Sulistyaningsih, et al., 2010), untuk mengkristalisasi garam NaCl air tua harus memiliki kadar 25°Be (Korovessis & Lekkas, 2009). Komponen utama pada produksi garam tambak modern yakni *reservoir* (waduk), *condensor* (peminihan) dan *crystalizier* (meja kristalisasi). *Reservoir* menjadi tempat terjadinya fase pertama pengendapan $CaCO_3$, *condensor* merupakan tempat yang palung penting karena sebagia besar air akan dievaporasikan disini sehingga *condensor* terdapat 2 bagian dimana pada bagian *condensor* tahap 1 digunakan untuk menuntaskan tahap pertama kemudian *condensor* tahap 2 sebagai tempat terjadinya fase kedua yakni pengendapan $CaSO_4$ sedangkan pada *crystalizier* merupakan media terjadinya kristalisasi garam difase ketiga yakni NaCl (Bramawanto, 2017). Pada dasarnya proses kristalisasi dimeja garam dilakukan melalui 3 tahapan yakni pertama pencapaian kondisi super atau lewat jenuh (*supersaturation*), kedua pembentukan inti kristal (*nucleation*) dan ketiga pertumbuhan inti kristal menjadi kristal (*crystal growth*). Kondisi lewat jenuh merupakan kondisi dimana konsentrasi larutan berada di atas harga kelarutannya. Kondisi lewat jenuh dapat dicapai dengan cara pendinginan, penguapan, penambahan presipitan atau akibat reaksi kimia dua fase yang homogen. Sedangkan pembentukan inti kristal terjadi setelah kondisi super atau lewat jenuh (*supersaturation)* tercapai (Paryanto, 2001 dalam (Gustiawati, 2016). Astuti, et al., (2016) manambahkan bawasannya terbentuknya kristal garam dipengaruhi oleh 2 faktor, yang pertama laju pertumbuhan inti merupakan jumlah inti yang terbentuk dalam satuan waktu, apabila laju pertumbuhan inti tinggi maka kristal garam yang terbentuk dalam jumlah besar tetapi ukuran tidak besar dan yang kedua yakni laju pertumbuhan kristal dimana ukuran kristal yang terbentuk selama pengendapan berlangsung. Sehingga jika laju yang kedua ini tinggi maka kristal garam yang terbentuk besar-besar.

Adapun selain proses produksi garam di atas, produksi garam yang juga disarankan dengan model kristalisasi bertingkat atau pembaruan dari metode konvensional yang sudah dilakukan oleh PT Garam. Namun proses produksi garam yang umumnya dilakukan di Indonesia sebagian besar masih dengan cara tradisional oleh para petani garam, dimana air laut akan diuapkan pada ladang

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

tambak yang besar dengan memanfaatkan sinar matahari sebagai sumber utamanya untuk menjadi garam. Menurut Departemen Kelautan dan Perikanan (2003) menjelaskan tahap pembuatan garam berkualitas dapat melalui langkah-langkah sebagai berikut

a. Persiapan. Pada tahap persiapan dilakukan kurang lebih 2 minggu sebelum musim kemarau dengan cara melakukan perbaikan kembali pada semua saluran, tanggul-tanggul kolam penggaraman dan lainnya.
b. Pengaliran air laut kedalam kolam pengendapan. Air laut yang dialirkan kekolam pengumpul jika musim kemarau tiba. Pada saat pengisian air laut maka dilakukan pembukaan pintu air ke kolam pengumpul, sedangkan pada saat air laut pasang pintu air ditutup rapat dan diupayakan tidak ada kebocoran. Air laut tersebut akan didiamkan 14-15 hari hingga konsentrasi garam mencapai 10°Be.
c. Aliran larutan garam pada kolam penggaraman. Lautan air garam atau yang dikenal dengan *brine* akan dialirkan ke kolam-kolam setelah beberapa hari diendapkan hingga mengalami peningkatan konsentrasi. Dengan menggunakan empat seri kolam penguapan dengan target konsetrasi berbeda-beda. Ketika konsentrasi air garam mencapai konsentrasi 24,5°Be larutan garam akan dipindahkan pada kolam pemekatan hingga mencapai konsetrasi 29,5°Be, namun tidak boleh lebih dari 30,5°Be sebab kualitas garam pada konsetrasi tersebut akan menurun dan garam akan berasa pahit. Pemindahan *brine* dari satu kolam ke kolam lainnya akan melewati pintu air. Pengukuran konsentrasi *brine* harus selalu dilakukan dengan menggunakan alat *baume* agar konsentrasi garam selalu terkontrol. Proses penguapan garam dilahan peminihan umumnya akan berlangsung selama 70 hari.
d. Kolam kristalisasi dan pengambilan kristal garam. Kolam kristalisasi telah dipersiapkan sebelum garam menjadi pekat, kemudian dari kolam pemekatan akan dipindahkan ke kolam kristalisasi
e. Pencucian garam
f. Pengeringan garam

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

g. Pergudangan. Pergudangan didesain untuk menjaga garam agar tidak mengalami penurunan kualitas. Karena sifat garam yang higraskopis sehingga mudah menyerap air, maka kelembaban gudang harus selalu dikontrol.

Selain cara tradisional tersebut, untuk memperoleh garam ada beberapa cara, jika dilihat dari sumbernya maka produksi garam dapat diperoleh melalui :

1. Tambang garam ialah garam yang didapatkan melalui kegiatan pertambangan sedalam ± 1.000 kaki di bawah permukaan bumi. Garam ini terbentuk dari air laut ataupun danau dan sungai yang memiliki kadar garam namun sudah mengering. Bentuk garam dari tambang garam menyerupai garam batu (*rock salt*) atau *halite*.
2. Garam solar atau *solar salt* merupakan garam yang dapat diperoleh melalui penguapan dari laut ataupun danau garam daratan. Metode *solar salt* hampir sama dengan *solar evaporation*, bedanya hanya ketika air laut dialirkan kekolam – kolam, maka metode *solar salt* akan didilakukan *brine purification* (pemurnian larutan garam) melalui proses pencucian ataupun pengendapan kemudian dilakukan *evaporasi* menghasilkan garam dengan kadar yang sudah sesuai dengan SNI yakni 98,78 – 99,21% (Sumada & Suprihatin, 2016)
3. Garam yang diperoleh melalui penguapan sinar matahari namun masih mengandung kotoran kimia seperti (Mg) dan (Ca) dan mikroba halofilis yang toleran terhadap garam. Metode penggaraman ini sering disebut dengan *solar evaporation*. Keuntungan dari metode ini yakni rendahnya biaya produksi serta proses yang mudah sehingga menjadikan para petani garam di Indonesia banyak menerapkan metode ini di atas lahan mereka, namun banyak faktor yang mempengaruhi produksi dengan menggunakan metode ini seperti cuaca, rendahnya produktivitas, rendahnya kualitas garam rakyat karena tidak memadainya teknologi sehingga berdampak pada rendahnya harga yang diterima petani garam (Rindayani, 2013).

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Disisi lain, selain sinar matahari produksi garam juga memiliki banyak faktor, Purbani (2013) menjelaskan lebih lanjut bahwasannya produksi garam dipengaruhi oleh :

a. Air laut

Air laut mengandung beberapa campuran mineral garam di antaranya yakni klorida (55,04%), natrium (30,61%), magnesium (3,69&), kalsium (1,16%), kalium (1,10%) dam sisanya terdiri dari bikarbonat, bromida, asam borak, strondium dan florida sebesar kurang dari 1%. Kualitas air laut terutama pada kandungan kadar garam jika di dalamnya sudah terkontaminasi oleh air sungai maka dapat mempengaruhi waktu yang diperlukan terhadap daya penguapan air laut.

b. Keadaan cuaca

Kondisi cuaca mempengaruhi laju evaporasi air garam. Laju evaporasi dipengaruhi oleh beberapa faktor meliputi radiasi sinar matahari dan rekayasan iklim mikro pada area penggaraman khususnya kecepatan angin, curah hujan dan kelembaban serta durasi penyinaran matahari. Purbani (2013) menjelaskan lebih lanjut bahwasannya panjangnya musim kemarau berpengaruh langsung terhadap daya penguapan air laut dimana semakin besar penguapan maka makin besar jumlah kristal garam yang mengendap. Sedangkan intensitas curah hujan dan distribusi pola hujan selama satu tahun berkaitan erat dengan panjangnya musim kemarau sehingga mempengaruhi laju evaporasi air garam.

c. Tanah

Kecepatan perembesan air laut kedalam tanah dipengaruhi oleh sifat porositas tanah dipimihan ataupun dimeja. Apabila kecepatan perembesan lebih besar daripada kecepatan penguapan terutama di saat musim hujan maka tidak dapat dihasilkan garam, selain itu jenis tanah juga dapat mempengaruhi warna dan ketidakmurnian (*impurity*) yang terbawa oleh garam yang dihasilkan. Menurut Afrianti dan Liviawaty (1991) menjelaskan

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

lebih lanjut bahwa tanah yang baik digunakan dalam pertambakan garam yakni liat berpasir atau liat berlumpur dimana umumnya terbentuk dari hasil endapan atau alluvial (Tambunan, et al., 2012).

d. Pengaruh air

Koefisien pemindahan massa air (aliran dan tebal air) pada proses laju evaporasi berkaitan dengan arah kecepatan angin dan kelembaban udara. Konsentrasi air tua yang masuk kedalam meja kristalisasi secara tidak langsung berpengaruh terhadap mutu hasil. kristalisasi garam seharusnya di antara 25-29°Be, jika konsentrasi air tua belum mencapai 25°Be maka gips / gipsum ($CaSO_4$) akan lebih banyak mengendap tetapi jika konsentrasi air tua lebih dari 29°Be maka magnesium (Mg^+) akan mengendap lebih banyak.

e. Cara pungutan garam

Pungutan garam dilakukan berdasarkan jadwal pungutan, umur kristalisasi garam dan jadwal pengerjaan tanah mej yang meliputi pengerasan dan pengeringan. pembuatan alas meja dari kristal garam yang dikeringkan maka keras alas meja akan semakin baik. Terdapat dua sistem pungutan garam:

A. Postugis System

Penggunaan portugis system dilakukan dengan cara pungutan garam di atas lantai garam yang terbuat dari kristal garam yang sebelumnya telah dibuat selama 30 hari kemudian tiap 10 hari baru garam dipungut.

B. Maduris System

Maduris system dilakukan dengan cara garam dipungut dilakukan di atas lantai tanah pada selang waktu 10-15 hari kemudian garam diambil di atas dasar tanah.

f. Air *bittern*

Air *bittern* merupakan air sisa dari proses kristalisasi yang mengandung banyak garam-garam magnesium sehingga rasanya menjadi pahit. Konsentrasi garam pada air *bittern* ini ≥ 29°Be, oleh

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

karena itu sebaiknya air ini dibuang meskipun masih dapat menghasilkan kristal NaCl.

2.3 Kalor dan Perpindahan Kalor

Kalor atau panas merupakan sebuah bentuk energi. Apabila suatu benda dapat menerima kalor atau melepaskan kalor maka akan terjadi perubahan temperatu pada keduan benda tersebut atau terjadi perubahan faze zat (perubahan bentuk). Perpindahan kalor atau *heat exchanger* merupakan ilmu yang digunakan untuk meramalkan bagaimana perpindahan energi yang terjadi karena adanya perbedaan temperatur, pada hukum termodinamika kedua dijelaskan bahwasannya kalor dapar bergerak atau berpindah dari suatu zat yang memiliki temperatur tinggi menuju temperatur yang lebih rendah namun tidak mengalir secara spontan pada arah sebaliknya (Hamid, 2007). Semua material memiliki daya hantar panas (kalor) yang berbeda beda, sifat panas disebut juga sebagai sifat termal merupakan respon dari suatu material terhadap penambahan energi yang diperoleh melalui proses pemanasan (Aminah dkk, 2013). Jika pada suatu padatan dapat menyerap panas maka energi internal yang terdapat dalam padatan tersebut akan meningkat karena terjadi kenaikan temperatur. Perubahan energi pada atom-atom dan elektron bebas akan menentukan sifat termal suatu padatan. Sifat termal yang umunya dimiliki oleh suatu material dapat dijelaskan sebagai berikut :

1. Konduksi

   Jika suatu benda terdapat gradien suhu, maka akan terjadi perpindahan energi dari benda yang memiliki suhu tinggi menuju benda bersuhu rendah melalui media penghantar tetap. Menurut Subramanian *dalam* Hidayat (2011) menjelaskan bahwa energi akan berpindah secara konduksi yang berbanding dengan suhu normal. Konduksi merupakan perpindahan panas melalui zat perantara tanpa disertai dengan perpindahan zat perantara tersebut, pada umunya terjadi pada benda-benda padat berbahan logam.

2. Konveksi

   Udara yang mengalir di atas permukaan yang panas, misalnya pada saluran baja terdapat alat pemanas udara surya yang dipanasi secara konveksi. Konveksi merupakan perpindahan panas yang terjadi di

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

antara permukaan padat dengan *fluida* yang mengalir disekitarnya dengan menggunakan media penghantar berupa *fluida* (cairan atau gas) Menurut Som (2008) *dalam* Hidayat (2011) menyatakan bahwa jika perpindahan panas aliran gas atau cairan disebabkan adanya tenaga dari luar misalnya disebabkan karena blower, maka disebut konveksi paksaan, namun jika disebabkan oleh gradien massa jenis atau perpindahan panasnya disebabkan oleh beda suhu dan beda rapat tanpa adanya tenaga dari luar yang mendorong maka disebut konveksi bebas. Pada air dan gas kemampuan untuk mentransmisikan panas bergantung pada suhu dan tekanan. Adapun nilai dari konduktivitas termal air dan gas dapat dilihat pada tabel dibwah ini

a. Air

Konduktivitas termal air pada suhu tertentu (°C) dalam 1 atm

Tabel 2.1. Konduktivitas Termal Air

Thermal conductivity		
suhu air °C	Suhu gas (K)	mW/mK
0,01	273,01	555,75
10	283	578,64
20	293	598,03
30	303	614,5
40	313	628,56
50	323	640,6
60	333	650,91
70	343	659,69
80	353	667,02
90	363	672,88
99,6	372,6	677,03

b. Gas

Konduktivitas termal gas pada suhu tertentu (°C) dalam 1 atm

Tabel 2.2. Konduktivitas Termal Gas

Thermal conductivity		
suhu gas	suhu gas (K)	mW/mK
0	273	24,36
5	278	24,74

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Thermal conductivity		
suhu gas	suhu gas (K)	mW/mK
10	283	25,12
15	288	25,5
20	293	25,87
25	298	26,24
30	303	26,62
40	313	27,35
50	323	28,08
60	333	28,8
80	353	30,23
100	373	31,62

3. Radiasi

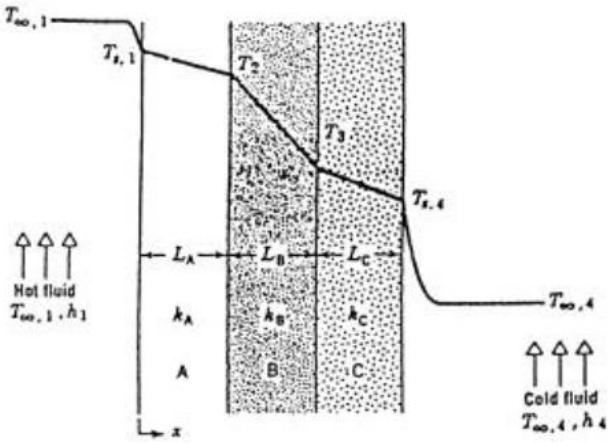
Mekanisme perpindahan panas secara konduksi dan konveksi melalui perantara, namun pada radiasi tidak karena radiasi merupakan perpindahan energi panas tanpa melalui perantara ataupun pada ruang hampa (Burhani dkk, 2014). Mekanisme secara radiasi yakni melalui sinaran elektromagnetik.

2.3.1 Laju Perpindahan Kalor Pada Besi (Fe) dan Seng (Zn)

Berdasarkan sifat konduktivitas panas maka material akan mengalirkan panas, jika diberi perlakuan panas. Sifat konduktivitas material dibagi menjadi tiga yaitu konduktor, semikonduktor dan isolator. Pada penelitian ini menggunakan konduktivitas material bersifat konduktor, karena konduktor merupakan material penghantar panas baik yang mengalir pada suhu tinggi menuju suhu yang lebih rendah. Salah satu konduktor yang baik yakni pada material logam besi (Fe) dan seng (Zn). Besi memiliki nilai konduktivitas 74,48 W/m°K (Akridge, 2007), sedangkan seng sebesar 104,7 W/m°K (Nunes, et al., 1992). Semakin besar nilai konduktivitas logam tersebut maka laju perpindahan panas juga semakin besar (Aminah dkk, 2013). Selain itu laju perpindahan panas pada material logam juga dipengaruhi oleh ketebalan dan tipe material yang digunakan. Handoyo (2001) menjelaskan lebih lanjut bahwa ketebalan dan tipe material akan mempengarhi temperatur dan waktu yang dibutuhkan untuk perpindahan panas. Adanya perbedaan temperatur pada alat penukar panas dapat digunakan untuk

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

mengakomodasikan perpindahan panas dari *fluida* panas menuju *fluida* dingin. Salah satu jenis *heat exchanger* dapat dilihat pada Gambar 2.2



Gambar 2.2. Plate Heat Exchanger

Sumber : Handoyo, 2001

Gambar 2.2 merupakan *Plate Heat Exchanger* yakni jenis *heat exchanger* atau perpindahan kalor yang terdiri dari pelat – pelat dan rangka sehingga proses perpindahan kalor dapat terjadi di antara kedua fluida disisi *pelat heat exchanger* (Walikom, et al., 2018). Pada *Plate Heat Exchanger* pelat akan disusun dengan susunan tertentu sehingga membentuk dua jalur yang disebut *hot side* dan *cold side* seperti gambar 2.2. Walikom (2018) menjelaskan lebih lanjut *Hot Side* dialiri cairan dengan suhu yang panas dan *cold side* dialiri dengan cairan bersuhu dingin. Susunan dari *heat exchanger* tipe tersebut yakni dengan pelat tegak lurus antara satu dengan yang lainnya biasanya dipasang penyekat lunak (karet) kemudian disatukan dengan perangkat penekan, disetiap sudut pelat terdapat lubang yang digunakan sebagai pengalir *fluida*. Adanya lubang tersebut maka *fluida* dapat keluar masuk pada sisi lain sedangkan pada *fluida* yang lain dapat mengalir melalui lubang atau sisi sebelahnya yang terdapat sekat.

Gambar 2.2 menjelaskan bahwasannnya *plate heat exchanger* terbuat dari pelat –pelat tegak lurus dengan tipe aliran *fluida* berlawanan. Proses pindahan panas yang terjadi pada gambar 2.2 berhubungan dengan ketebalan, suhu dan jenis material yang digunakan. Dimana misalnya material jenis A merupakan seng yang memiliki nilai koduktivitas 104,7 W/m°K (Nunes, et al., 1992) maka suhu yang

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

diserap lebih tinggi, sedangkan pada material B merupakan besi yang memiliki nilai konduktivitas 74,48 W/m°K (Akridge, 2007), maka suhu yang terserap akan lebih rendah dari pada seng, dan material C merupakan isolator yang merupakan peredam panas maka suhu yang diserap akan jauh lebih rendah di antara yang lainnya. Sehingga laju perpindahan panas pada *plate heat exchanger* bergantung pada jenis material yang digunakan dan ketebalan akan mempengaruhi temperatur dan lamanya waktu laju perpindahan panas yang digunakan (Handoyo, 2001).

2.4 Prinsip Dasar Penguapan

Prinsip dasar penguapan menyangkut proses perpindahan panas dan massa yang terjadi secara simultan (bersamaan). Perpindahan panas dilakukan dengan cara konveksi, pada perpindahan panas secara konduksi dan radiasi tetap terjadi tetapi dalam jumlah yang relatif kecil. Proses perpindahan panas terjadi akibat suhu bahan lebih rendah dari suhu sekitarnya sehingga panas yang diberikan akan menaikkan suhu bahan kemudian akan mengakibatkan tekanan uap air dalam bahan yang lebih tinggi dari pada tekanan uap air diudara, perpindahan uap air dari bahan ke udara disebut perpindahan massa. Setelah itu, tekanan uap air pada permukaan bahan akan menurun, kemudian terjadi kenaikan suhu sehingga seluruh bagian bahan akan terjadi pergerakan air secara difusi dari bahan menuju kepermukaannya, proses penguapan permukaan bahan tersebut akan terjadi secara berulang-ulang hingga akhirnya air bahan berkurang, tekanan air bahan yang menurun hingga terjadi keseimbangan dengan udara disekitarnya. Djoko Wilarso dan Wahyuningsih (1995) *dalam* Gustiawati (2016) menambahkan bahwa lamanya proses penguapan bergantung pada bahan yang diuapkan dan cara panas yang digunakan. Proses penguapan pada material padatan dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain, yakni :

1. Luas permukaan

   Air menguap melalui permukaan tanah sedangkan pada air yang berada dibagian tengah merembes ke bagian permukaan kemudian menguap. Untuk mempercepat laju pengeringan bahan maka bahan dihaluskan terlebih dahulu, sehingga akan memperluas permukaan bahan dan permukaan yang luas berhubungan dengan medium pemanasan sehingga air dapat mudah keluar dan partikel-partikel kecil

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

atau lapisan yang tipis dapat mengurangi jarak dimana panas harus bergerak sampai kepusat bahan.

2. Suhu dan udara

Semakin besar perbedaan suhu antara medium pemanas dengan bahan yang diuapkan maka semakin cepat pemindahan panas ke dalam bahan, dan semakin cepat pula penghilangan kandungan air dari dalam bahan. Air yang keluar dari bahan kemudian dikeringkan akan menjenuhkan udara sehingga kemampuannya untuk menyingkirkan air menjadi berkurang, jadi semakin tinggi suhu udara penguapan maka semakin besar energi panas yang dibawa udara, sehingga semakin besar jumlah massa cairan yang diuapkan dari permukaan bahan yang diuapkan. Akan tetapi jika tidak sesuai dengan bahan yang dikeringkan, akibatnya akan terjadi peristiwa "*case hardening*" yakni suatu keadaan dimana bagian luar bahan sudah dikeringkan sedangkan dalamnya masih basah.

3. Kecepatan aliran udara

Pergerakan udara yang tinggi dapat mengambil uap air dan menghilangkan uap air dari permukaan bahan, hal tersebut dapat mencegah terjadinya atmosfer jenuh yang memperlambat penghilangan air. Jika aliran udara disekitar tempat penguapan dapat berjalan dengan baik maka proses penguapan akan terjadi semakin cepat yakni semakin mudahnya dan semakin cepat uap air terbawa dan teruapkan dari bahan ke atmosfer.

4. Tekanan udara

Udara merupakan media yang penting dalam proses penguapan terutama untuk menghantarkan panas pada bahan yang akan dikeringkan. Menurut Djoko Wilarso dan Wahyuningsih (1995) *dalam* Gustiawati (2016) semakin kecil tekanan udara maka semakin besar kemampuan udara dalam mengangkut air selama proses penguapan karena semakin kecil tekanan berarti kerapatan udara semakin berkurang, sehingga air dapat lebih banyak tertampung dan disingkikan dari bahan yang akan dikeringkan, tetapi jika tekanan udara semakin

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

besar maka udara disekitar penguapan akan lembab, peristiwa ini akan berdampak pada kemampuan menampung uap air akan menjadi terbatas dan menghambat laju pengeringan.

5. Kelembaban udara

   Pengaruh kelembaban udara pada proses pemindahan uap air, apabila kelembaban udara tinggi maka akan terjadi perbedaan tekanan uap air di dalam dan di luar bahan menjadi kecil, sehingga dapat menghambat pemindahan uap air dari dalam bahan keluar bahan. Jika suhu udara turun maka kelembaban udara naik, tetapi jika suhu udara naik maka kelembaban udara juga ikut menurun, oleh karena itu kelembaban udara yang tinggi akan mengakibatkan laju penguapan bahan menjadi lebih lambat dibandingkan dengan kelembaban udara yang rendah.

2.5 Geomembrane

Geomembrane merupakan suatu material dari bahan *Density Polyethylene* yang berfungsi sebagai material pelapis. Saunders & Bauer (2007) menjelaskan bahwa terdapat dua jenis *geomembran* yakni LDPE dan HDPE. LDPE (*Low Density Polyethylene*) merupakan polietilen kerapatan rendah yang terbuat dari molekul etilen bercabang. HDPE (*High Density Polyethylene*) merupakan polietilen dengan kerapatan tinggi dimana terbuat dari rangkaian etilen tanpa cabang. Karakteristik dari HDPE yakni tahan terhadap bahan kimia, asam tinggi, *mikroorganisme* yang dapat merusak hasil tambak dan limbah, oleh karena itu material ini sangat sesuai untuk diaplikasikan sebagai pelindung air dan tanah terhadap berbagai macam limbah. *Geomembran* dapat diaplikasikan pada areal permukaan yang berlekuk-lekuk serta mampu mengikuti kontur tanah yang tidak rata seperti kolam dan perbukitan.

Polythelene Geomembran tersedia dalam berbagai ketebalan antara 0,1 – 5,0 mm serta tersedia juga bagi permukaan yang halus ataupun bertesktur. *Kegunaan geomembran* biasanya sebagai wadah dalam industri pertanian, wadah cairan limbah, solar ponds, untuk tambak perikanan, *landfil* biogas dan sebagainya, namun baru-baru ini *geomembran* diaplikasikan pada media produksi garam (Abdullah, 2018). Kondisi lahan mempengaruhi ketebalan HDPE yang akan

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

dipasang, jika kondisi lingkungan tambak bagus tidak terdapat kerikil maka menggunakan ukuran 0,2 mm, namun jika kondisi tambak berbatu kecil atau lumpur menggunakan HDPE berukuran minim 0,3 mm. Penerapan HDPE ditambak standar ketebalan antara 0,3 mm hingga 0,75 mm. Pada umumnya tambak garam hanya menggunakan ukuran 0,3 mm sesuai kondisi lingkungan tambak.

Pemilihan *geomembran* sebagai wadah, karena *geomembran* memiliki berbagai kelebihan di antara yaitu tahan terhadap retak atau pecah, dapat menahan sinar matahari dengan kemampuan anti UV, memiliki indeks leleh relative tinggi, tahan terhadap larutan kimia, memiliki daya tahan terhadap elongasi atau kemuluran akibat deformasi tanah dasar dan penggunaan *geomembran* dapat dikombinasikan dengan desain struktur (Abdullah, 2018). Selain itu, *geomembran* memiliki kelemahan seperti harganya yang relatif lebih mahal, rentan terhadap kerusakan fisik akibat dari penetrasi benda tajam (batu, kerikil dan api) ataupun salah perawatan karena alat berat, sehingga menimbulkan lubang atau sobek. Untuk mengatasinya maka perlu lapisan pelindung yang tebal atau tambahan plat sehingga menghindari dari kerusakan dari *geomembran*. Rusiyanto, et al., (2013) menyatakan bahwa penerapan *geomembran* pada lahan produksi garam didaerah Rembang menghasilkan garam dengan kualitas yang lebih baik dimana ukuran lebih besar, lebih keras dan kadar NaCl meningkat. Hasil uji kualitas garam dengan menggunakan *geomembran* HDPE dari penelitian Rusiyanto, et al., (2013) dapat dilihat pada tabel 2.3 :

Tabel 2.3. Hasil Uji Kualitas Garam Antara Geomembran HDPE dan Konvensional

Parameter	Hasil Analisis HDPE	Hasil Analisis Konvensional	Persyaratan Mutu SNI 35562010
Kadar Air (H_2O)	1,15 %	3,82%	Maks. 7
Kadar NaCl (Jumlah Cl)	94,16 %	92,86 %	Min. 94
Bagian tidak larut dalam air	-	-	Maks. 0,5
Yodium sebagai KIO_3	17,68 Mg/Kg	7,96 Mg/Kg	Min 30

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Parameter	Hasil Analisis HDPE	Hasil Analisis Konvensional	Persyaratan Mutu SNI 35562010
Timbal (Pb)	0,69 mg/Kg	1,07 mg/Kg	Maks 10,0
Kadmium (Cd)	<0,01 mg/Kg	<0,01 mg/Kg	Maks 0,5
Raksa (Hg)	<0,002 mg/Kg	<0,002 mg/kg	Maks 0,1
Cemaran Arsen (As)	<0,005 mg/Kg	<0,005 mg/Kg	Maks. 0,1

Dari hasil uji analisis di atas, maka tambak garam dengan menggunakan HDPE memiliki kualitas yang lebih baik dibandingkan dengan konvensional. Dijelaskan lebih lanjut oleh Abdullah (2018) bahwa penyerapan panas dari matahari dengan menggunakan *geomembran* lebih intens, hal ini karena efek warna hitam pada HPDE dan garam yang dihasilkan lebih putih dan bersih karena tidak terkontaminasi oleh dasar lahan tambak seperti yang terlihat pada gambar 2.3

Gambar 2.3. Kualitas Garam Konvensional (Atas) dan Geomembran HDPE (Bawah)

Sumber : www.mutiaracahaya.com (2019)

2.6 Terpal Plastik

Terpal plastik atau politelin (lembar terpal) merupakan lembaran bahan dengan bahan yang kuat, fleksibel, kedap air dan tanah rembes. Standar terpal plastik pada bagian luar berlapis poltelin sedangkan bagian tengah merupakan anyaman politelin berwarna hitam. Manfaat penggunaan tepal plastik meliputi proyek-proyek hunian keluarga seperti tenda, hunian rangka kayu perbaikan bagi gedung rusak, selain itu digunakan sebagai sanitasi dan pasokan air seperti perlindungan tangki air dan sebagai perbaikan pembangunan saranan atau prasarana sementara seperti stuktur sementara, pagar pembatas, alas tidur penderita kolera,

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

kios-kios pasar atau sebagai penyimpanan dan pengeringan makanan (Saunders & Bauer, 2007).

BPTP Jambi (2018) menjelaskan lebih lanjut bahwa terpal memiliki kelebihan dalam menunjang kegiatan budidaya karena terpal dapat diaplikasikan didaerah kurang air sehingga dengan menggunakan terpal air tidak langsung meresap ke tanah dan suhu air dapat lebih stabil ketika terjadi perubahan musim, ketika sebuah tambak dibersihkan maka pengeringan tambak dengan memanfaatkan terpal sebagai alas lebih cepat kering, memanfaatkan terpal sebagai alas dapat meminimalisir hama dan penyakit dan penggunaan terpal sebagai pembatas antara tanah dan bahan lainnya pada tambak garam dapat mengurangi kerusakan kualitas garam. Selain itu, terdapat kekurangan dalam penggunaan terpal sebagai alas, di antaranya terpal mudah lapuk karena hujan, terpal yang diaplikasikan dalam kegiatan budidaya hanya bertahan 2 tahun, miskin ion-ion dan mineral dari tanah dan biasanya dengan menggunakan alas terpal lebih cepat bau.

2.7 Material Logam Besi (Fe)

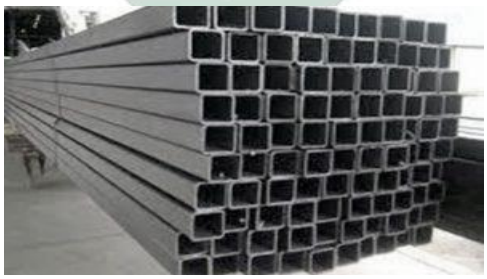
Besi (Fe) merupakan elemen kimiawi yang mudah ditemui disetiap tempat dibumi, setiap lapisan geologi dan pada semua badan air. Besi dapat mengalami korosi, dimana di dalamnya terjadi proses oksidasi sebuah logam dengan udara atau elektrolit lainnya (Nova & Misbah (2012). Temperatur air mendukung tingginya kelarutan besi dalam air, dimana ketika temperatur pada suatu lingkungan menunjukkan angka yang melebihi baku mutu yang sudah ditetapkan oleh Kepmen LH No.51 tahun 2004 yakni 28-30°C, maka menyebabkan turunnya kadar oksigen terlarut (DO) dalam air. Kenaikan temperatur air dapat menguraikan derajat kelarutan mineral sehingga kelarutan Fe pada air tinggi. Rochyatun & Rozak (2007) menjelaskan lebih lanjut bahwa kelarutan logam berat mempengaruhi kondisi DO diperairan, yang mana konsentrasi DO rendah berdampak pada kelarutan logam berat rendah sehingga mudah mengendap dasar sedimen.

Besi memiliki konduktivitas termal hanya sebesar 74,48 W.m/K (Akridge, 2007), titik lebur 1536°C dan titik didih 2862°C (Okamoto, 1992), massa jenisnya yakni 7.900 Kg/m³ dan mengandung jenis kalor 450 J/Kg°C, dan memiliki kalor penguapan sebesar 340kJ/mol (Tyas & Wirosoedarmo, 2014). Besi tidak baik

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

digunakan sebagai logam penghantar listrik karena besi memiliki daya hantar cukup rendah serta suhu yang dihasilkan besi yang rendah mengakibatkan panas yang dihasilkan lebih kecil dari logam tembaga, aluminium, perak dan emas. Pada besi ataupun baja memiliki kecenderungan yang sama dimana jika temperature semakin naik maka nilai konduktivitas panasnya semakin menurun (Wuryanti & Iriani, 2018).

Besi rongsok atau *scrap* merupakan bahan yang bernilai rendah baik pada manfaat ataupun nilai ekonomisnya, namun saat ini banyak digunakan dalam keperluan industri kerena memiliki nilai komparatif yang tinggi. Nilai komparatif tersebut antara lain berharga murah, mudah ditemukan dipasaran dan komposisi kimianya masih memenuhi syarat untuk diolah lebih lanjut sebagai bahan-bahan komersial yang memenuhi syarat dalam keperluan industri (Wahono, 1992). Selain itu pemanfaatan besi rongsok sebagai upaya *recycle* secara langsung, dapat mengurangi tingkat eksploitasi sumber bumi. Bakkerus dan Van Der Hols (1979) *dalam* Wahono (1992) menjelaskan lebih lanjut bahwa komposisi kimia besi rongsok yakni mengandung C sebesar 3,75%, Si sebesar 2,65%, Mn sebesar 1,26%, P sebesar 0,26% dan S sebesar 0,12%. Material besi yang digunakan dalam penelitian ini yakni besi *hollow* hitam dimana memiliki bentuk pipa kotak atau balok dengan ukuran ketebalan 1 mm yang sisinya berukuran 3,4 cm. Penggunaan besi *hollow* karena besi ini memiliki karakteristik yang tebal, kuat dan berwarna gelap seperti pada gambar 2.4



Gambar2.4. Material Besi *Hollow*

Sumbe : https://www.besibetonbajahargapabrik.com/

2.8 Material Logam Seng (Zn)

Seng dilambangkan dengan Zn pada tabel periodik dengan nomer atom 30 dan massa atom relatifnya yakni 65,39 dan merupakan unsur pertama golongan dua

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

belas. Seng memiliki warna putih kebiruan, berkilaun dan bersifat magnetik, selain itu juga bersifat keras dan rapuh pada kebanyakan suhu, saat temperaturnya 100-150°C seng akan mudah ditempa. Sifat seng juga dapat menghantarkan listrik dan panas (konduktor) memiliki nilai konduktivitas sebesar 104,7 W.m/K, titik lebur 420°C dan titik didih 900°C lebih rendah (Nunes, et al., 1992) serta memiliki kalor penguapan sebesar 123,6 kJ/mol. Seng murni didapatkan dalam bentuk lembaran, igot dan serbuk (ASM Metals Handbook, 1992 *dalam* Baihaqi, 2017). Sumber utama seng berasal dari aktivitas manusia yakni dari buangan limbah dan polusi udara, untuk sumber alaminya maka seng dapat didapatkan dari erosi batuan sulfida sfalerit (ZnS) disungai. Seng memiliki beberapa bentuk senyawa yang biasanya digunakan dalam produksi logam campuran, pelapisan logam dan industri pengecoran logam, alat-alat mobil ataupun pestisida ataupun cat dan sebagainya. RNO (1981) *dalam* Rahma (2006) menjelaskan lebih lanjut bahwasannya kandungan seng juga terdapat dalam sedimen, dimana konsentrasi alamiah seng dalam sedimen mencapai 20-150 mg/kg.

Seng yang merupakan salah satu *base metal* memiki banyak kegunaan di antaranya yakni digunakan untuk fabrikasi komponen baja dan sebagai kuningan yang merupakan paduan dari seng (Zn) dan tembaga (Cu). Mayoritas seng diaplikasikan guna memproteksi korosi atau *galvanizing* pada baja dengan cara membentuk permukaan penghalang pada baja sehingga baja lebih tahan terhadap korosi (Ghofur, 2015). Selain itu, seng dapat meningkatkan kekuatan temperatur kamar dan *presipitasi hardening* (panas pada temperatur tendah, membuat logam dapat menjadi lebih keras karena adanya pemisahan komponen dari larutan padat lewat jenuh). Terdapat dua bentuk seng yang digunakan dalam penelitian ini yakni seng plat datar yang berbentuk lembaran dan seng gelombang. Keduanya berfungsi sebagai plat penyerap panas. Kedua material plat tersebut merupakan penghantar panas yang baik. Aplikasi dari seng datar ataupun gelombang dalam penelitian ini diberi cat hitam sehingga dapat mengoptimalkan penyerapan radiasi (Subiyakto, 2009).

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

2.9 Penelitian Terdahulu

No	Penelitian Terdahulu
1	**Andryan Suhendra, 2016** **Journal Lecture of Civil Engineering, Vol. 21, Hal. 4273 - 4280**
	Judul : **Increasing the Productivity Of Salt Through HDPE Geomembrane – Inonesian Case History in Salt Evaporation Pond**
	Tujuan: Melakukan perbandingan pada tambak dengan sistem konvensional dan menggunakan geomembran HDPE di Pulau Madura
	Metode Penelitian: Penelitian dilakukan selama 1 tahun pada tahun 2012 dengan total area tambak menggunakan geomembrant HDPE mencakup 115,37 hektar, dan tanpa HDPE seluas 290,63 hektar. Serta tata letak tambak antara HPDE dan non HDPE dibuat secara acak
	Kesimpulan: Penerapan HDPE geomembran dikolam garam dapat meningkatkan produksi garam dua kali lipat dari kolam tanpa HDPE sehingga pada tahun-tahun berikutnya dilakukan perluasan garam dengan menggunakan HDPE. Dengan menggunakan HDPE juga dapat mempersingkat waktu panen yakni 14 hari sedangkan tanpa HDPE membutuhkan waktu 25 hari baru dapat dipanen
2	**Rohmatul Aminah, Devi Eka Septiyani Arifin dan Umi Maslakah, 2013** **Jurnal Praktikum Fisika Hal. 1-3**
	Judul : Laju Perpindahan Panas pada Material Logam
	Tujuan: Untuk menentukan laju perpindahan panas pada material logam (besi, kuningan, aluminium dan *stailess*)
	Metode Penelitian: Penggunaan daya panas sebesar 300 watt pada kompor listrik digunakan untuk memanaskan lempengan logam selama 10 menit, kemudian

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

No	Penelitian Terdahulu
	diangkat dan diukur suhunya dengan menggunakan pirometer. Kemudian dihitung selisih suhu dibagian bawah dan atas lempangan dengan menggunakan rumus laju perpindahan panas material logam dan luas permukaan
	Kesimpulan: Laju perpindahan panas pada lempengan besi sebesar 315,2 watt, lempengan stainless 6,3 watt, lempengan kuningan 7965,7 watt dan silinder kuningan 1.5402 watt, silinder aluminium 2.0096 watt dan silinder aluminium 0,0074 watt
3	**Ersi Selparia, Maksi Ginting dab Riad Syech, 2015.** **Jurnal JOM FMIPA Vol. 2 No 1**
	Judul: **Pembuatan dan Pengujian Alat untuk Menentukan Konduktivitas Plat Seng, Multiroof dan Asbes**
	Tujuan: Menentukan kualitas plat seng, multiroof dan asbes yang paling menguntungkan sebagai atap bangunan berdasarkan pengujian konduktivitas termal menggunakan metode perpindahan panas secara konduksi
	Metode Penelitian: Menggunakan metode eksperimen dengan raknkgaian listrik DC (arus searah). Dengan cara memasukkan 3 kepingan logam, isolator dan elemen pemanas kedalam kotak kemudian ketatkan dengan memutar skrup kemudian hubungkan dengan elemen pemanas dengan susunan rangkaian DC. Amati amperemeter dan voltmeter selama 5 menit sekali dan catat suhu hingga mencapai steady rate
	Kesimpulan: Melalui perhitungan konduktivitas maka plat seng memperoleh 0,482 w/m°C pada menit ke 100, pada multiroof diperoleh 0,132 w/m°C dimenit ke 100 dan asbes memperoleh 0,154 w/m°C pada menit ke 120.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

No	Penelitian Terdahulu
	Sehingga nilai konduktivitas terbesar dimiliki oleh plat seng dan yang paling kecil pada. *multiroof*
4	**Ahmad Syuhada dan Suhaeri, 2010** **Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTIM) Ke-9.**
	Judul: **Kajian Tingkat Kemampuan Penyerapan Panas Matahari Pada Atap Bangunan Seng Berwarna**
	Tujuan: Mengetahui warna yang paling sedikit menyerap matahri akibat radiasi matahari dan mengetahui kemampuan masing-masing warna dalam menyerap panas sehingga mengurangi dampak pemanasan global
	Metode Penelitian: Memanfaatkan sistem sudut kemiringan atap seng sebesar 30° dengan ruang isolasi terbuat dari plastik tembus cahaya matahari dengan tujuan tidak ada pengaruh angin berbentuk balok. Pengukurannnya dilakukan pukul 11.00 – 15.00 WIB dan data yang diambil yakni temperatur seng berwarna, temperatur dalam ruangan di bawah seng, ruangan kosong tanpa seng dan temperatur lingkungan
	Kesimpulan: -Seng berwarna hitam memiliki tingkat penyerapan radiasi panas tertinggi dibandingan dengan warna lainnya. Dan seng berwarna crom memiliki tingkat penyerapan radiasi panas terendah dibanding warna lainnya -Urutan tingkat kemampuan radiasi panas dari tertinggi sampai terendah yakni hitam, coklat tua, coklat, merah, hijau, biru dan crom -Efek yang terjadi pada udara sekitar sebanding dengan kemampuan penyerapan panas oleh masing-masing seng

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

"halaman ini sengaja dikosongkan"

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

BAB III
METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada skala laboratorium dengan pencahayaan matahari secara langsung dan suhu lingkungan yang bebas, untuk lokasi penelitian dilakukan dilantai dua Masjib Ulul Albab (*rooftop*) Universitas Islam Negeri Sunan Ampel Surabaya. Waktu penelitian dilakukan pada bulan Maret 2020 hingga April 2020 dengan 3 kali pengulangan dan uji pendahuluan sebagai acuan awal penelitian. Penelitian dilakukan selama kurang lebih 19 hari, yang dimulai dari pukul 08.00 - 16.00 WIB sehingga didapatkan 9 kali pengambilan data.

3.2 Alat dan Bahan Penelitian

Spesifikasi alat dan bahan yang digunakan dalam pengamatan skala laboratorium tersaji pada tabel 3.1 dan tabel 3. 2 sebagai berikut:

Tabel 3.1 Spesifikasi Alat dan Kegunaan

Nama Alat	Kegunaan
Aquarium berukuran l = 38,5 cm, p = 58,5 cm dan t = 39 cm	Sebagai wadah sampel yang akan diujikan
Seng Datar dan Seng Gelombang	Untuk menambah daya hantar panas dalam meningkatkan laju evaporasi garam
Besi *Hollow*	Untuk menambah daya hantar panas dalam meningkatkan laju evapoarasi garam
Terpal	Sebagai pembatas antara tanah dan bagian lainnya
HDPE 0,5 ml (*Geomembran*)	Sebagai pembatas antara air laut dan bagian lainnya (*waterproof*)
Infrared Thermometer	Untuk mengukur suhu perlapisan alas sampel yang digunakan

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Nama Alat	Kegunaan
Thermometer Air	Untuk mengukur suhu air
Tongkat cakar	Sebagai alat penggaruk garam
Timbangan *digital*	Untuk menimbang hasil garam yang didapatkan
Wadah	Sebagai wadah dari garam yang dihasilkan
ATK	Untuk mencatat data
Penggaris Matrik	Untuk mengukur tinggi bahan dalam kolam ataupun alat penelitian
Kuas	Untuk mengecat seng dengan lapisan anti korosi
Gunting Seng	Untuk memotong seng dengan ukuran 56 X 38 cm
Meteran	Untuk mengukur seng ataupun besi sesuai dengan ukuran

Tabel 3.2 Spesifikasi Bahan dan Kegunaan

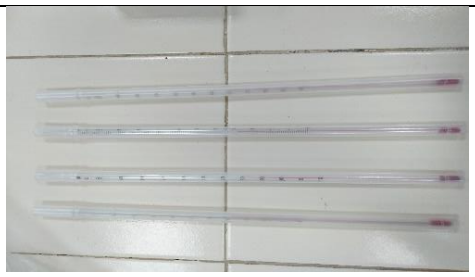
Nama Bahan	Kegunaan
Air Laut	Sebagai bahan baku pembuatan garam
Tanah Alluvial	Untuk mendukung kesesuaian lahan penelitian
Cat Besi	Pelindung anti korosi pada besi

Berbagai alat dan bahan yang disajikan pada tabel 3.1 dan tabel 3.2 untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 3.1 di bawah ini :

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

 a. Terpal	 b. Aquarium
 c. Air laut	 c. Tanah Aluvial
 a. Geomembran HDPE	 b. Seng gelombang
 c. Seng datar	 d. Besi *Hollow*
 e. *Infrared Thermometer*	 f. Tongkat Cakar

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id



g. Termometer Air

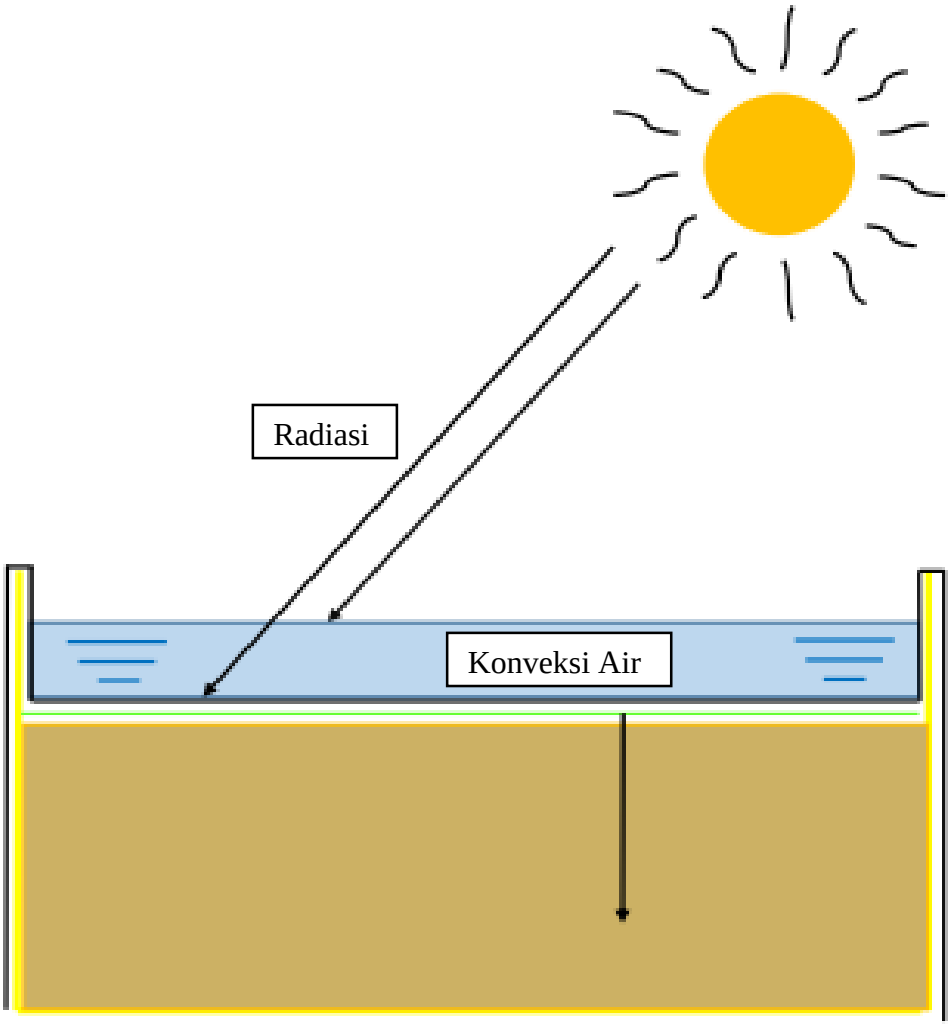
Gambar 3.1. Alat dan Bahan Penelitian

3.3 Deskripsi Penelitian

Penelitian ini adalah sebuah inovasi dalam mengupayakan peningkatkan waktu produksi garam nasional agar menjadi lebih singkat. Pemanfaatan logam besi (Fe) dan seng (Zn) sebagai alas tambahan diharapkan dapat menambah panas di bawah permukaan pada alas meja kristalisasi garam. Pemilihan kedua logam tersebut karena besi (Fe) dan seng (Zn) memiliki sifat konduktor panas yang baik, mudah ditemui masyarakat dan harganya relatif rendah dibanding logam yang lainnya. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan informasi mengenai bagaimana perubahan suhu yang dihasilkan ketika alas meja kristalisasi garam ditambahkan dengan material logam antara besi (Fe) dan seng (Zn) sehingga dapat berpengaruh terhadap kecepatan laju evaporasi pada proses kristalisasi garam. Penelitian ini tetap memanfaatkan *geomembran* HDPE yang sudah banyak diaplikasikan oleh masyarakat khususnya petani garam sehingga diharapkan dengan pemanfaatan material logam dapat mempercepat waktu produksi garam dan garam yang didapatkan berkualitas sesuai SNI. Penelitian ini baru dilaksanakan pada skala laboratorium, dengan 4 perlakuan yang terdiri dari satu control sedangkan perlakuan lainnya menggunakan material logam sebagai alas tambahan di bawah *geomembran* HDPE. Gambar 3.2 merupakan ilustrasi dari perlakuan 1. Ilustrasi pada Gambar 3.2 menggambarkan keadaan yang sebenarnya dilapangan.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

ILUSTRASI PERLAKUAN 1



Warna	Keterangan
Kuning	Aquarium
Biru	Air Laut
Hitam	*Geomembran* HDPE
Hijau	Terpal
Coklat	Tanah alluvial

Gambar 3.2. Ilustrasi Perlakuan 1

Pada gambar 3.2 adalah ilustrasi perlakuan 1 pada aquarium pertama dimana tidak diberikan perlakuan. Gambar di atas menjelaskan kondisi yang sebenarnya ditambak garam yang sudah memanfaatkan *geomembran* HDPE. Urutan lapisan

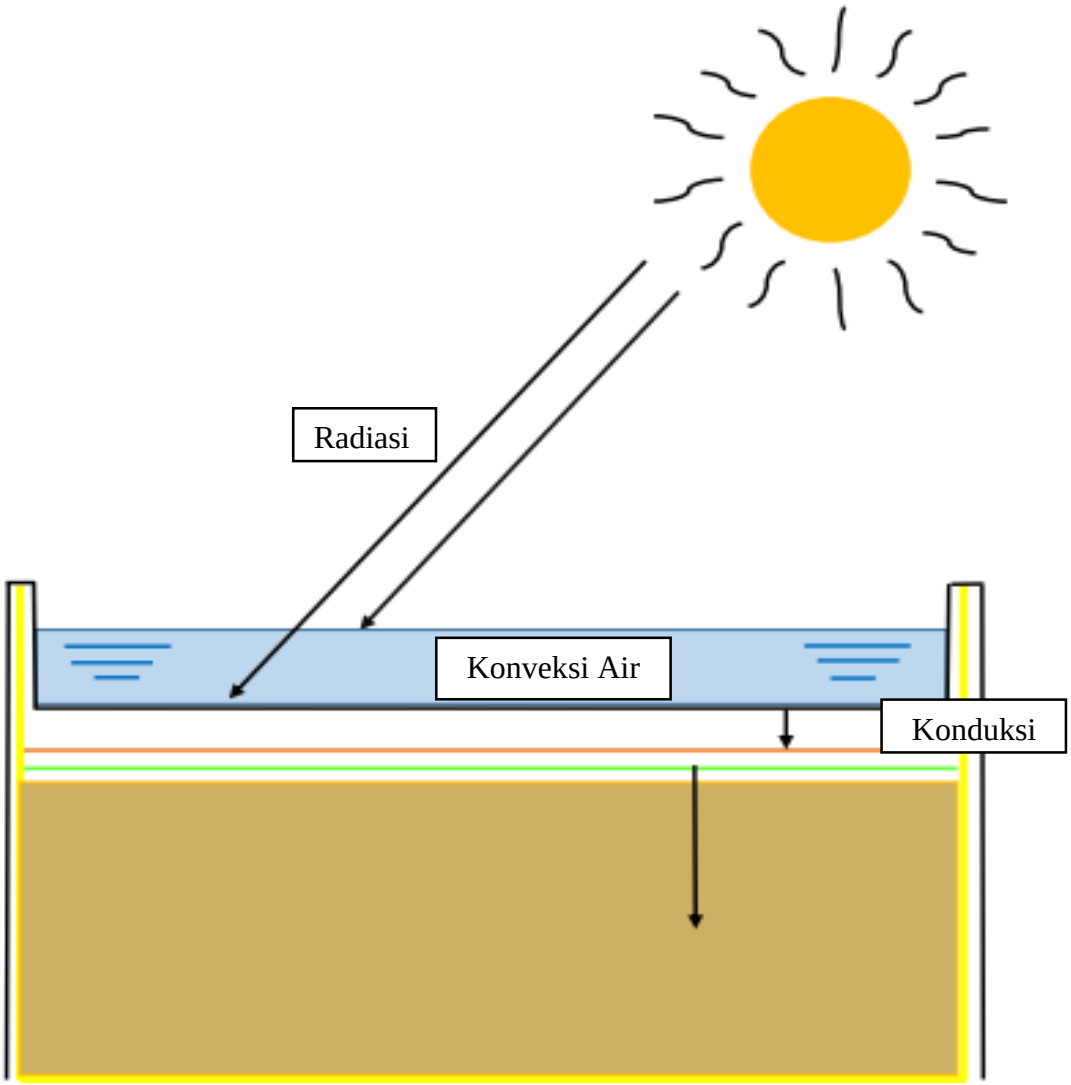
digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

pada perlakuan 1 yang tertera pada gambar 3.2 yakni pertama adalah tanah alluvial setinggi 20 cm, tipe tanah tersebut banyak dimanfaatkan untuk area pertabakan terutama ladang garam (Tambunan, et al., 2012), kemudian dilanjutkan dengan terpal yang dibentangkan di atas lapisan tanah selanjutnya diberi lapisan *geomembran* HDPE di atas terpal, Rusiyanto, et al., (2013) menjelaskan lebih lanjut bahwa penggunaan *geomembran* HDPE dapat meningkatkan kualitas garam yang lebih baik, ukuran lebih besar, dan kadar NaCl meningkat. Kemudian baru diisi dengan air laut dengan volume 1,5 liter. Pada perlakuan pertama hanya terdapat perpindahan panas secara sistem terbuka. Sistem terbuka pada perlakuan pertama terjadi proses perpindahan panas dari matahari menuju *geomembran* HDPE dan pada air garam secara langsung atau yang biasa dikenal dengan radiasi, kemudian terjadi perpindahan panas secara konveksi pada air garam penelitian, setelah proses perpindahan panas terjadi secara radiasi dan konduksi maka selajutnya lapisan pereda panas.

ILUSTRASI PERLAKUAN 2

Perlakuan ke 2 dengan penambahan material logam seng datar sebagai alas. Adapun ilustrasi perlakuan 2 dapat dilihat pada Gambar 3.3

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id



Warna	Keterangan
Kuning	Aquarium
Biru	Air Laut
Hitam	*Geomembran* HDPE
Merah	Seng (Zn)
Hijau	Terpal
Coklat	Tanah alluvial

Gambar 3.3. Ilustrasi Perlakuan 2

Gambar 3.3 menyajikan ilustrasi perlakuan 2 pada aquarium ke dua, perlakuan yang dilakukan pada aquarium ke dua yakni adanya penambahan material seng (Zn) yang

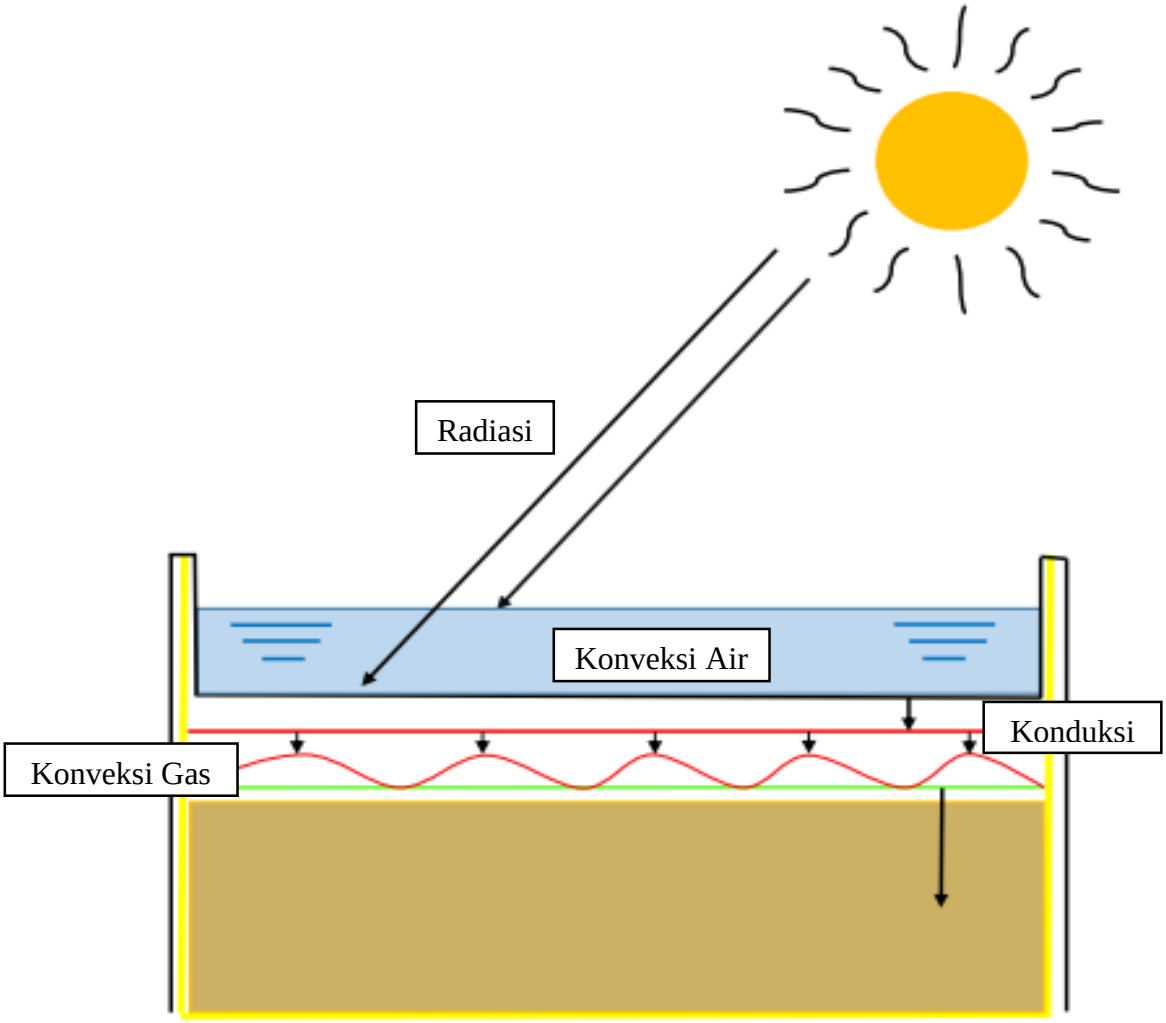
digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

berbentuk datar sebagai alas tambahan di bawah *geomembran* HDPE. Urutan lapisan pada perlakuan kedua dari bagian bawah yakni tanah alluvial dengan ketinggian 20 cm kemudian dibentangkan terpal sehingga dapat menutupi lapisan tanah selanjutnya diberi lapisan seng berbentuk datar yang sudah dilapisi dengan cat besi berwarna hitam dengan ukuran 56 cm x 38 cm. Penggunaan seng (Zn) sebagai tambahan material diharapkan agar dapat meningkatkan laju evaporasi pada meja krisrtalisasi ladang garam karena seng memiliki nilai konduktivitas sebesar 74,48 W/m°K (Akridge, 2007). Setelah ditambahkan material seng, kemudian tutup dengan menggunakan lapisan *geomembran* HDPE. Lalu isi dengan air laut bervolume air yakni 1,5 liter. Pada perlakuan ke dua, terdapat dua sistem perpindahan panas yang meliputi sistem terbuka dan sistem tertutup. Sistem terbuka sama dengan perlakuan kedua yakni panas dari sumber utama matahari yang diserap langsung oleh *geomembran* HDPE serta air garam dan proses perpindahan panas secara konveksi pada air garam. Selanjutnya yakni sistem tertutup dimana proses perpindahan panas terjadi antara *geomembran* HDPE dengan seng datar secara konduksi. Kemudian setelah lapisan material seng, merupakan lapisan pereda panas yakni terpal sebagai isolator dan tanah yang merupakan material organik yang dapat menyerap panas (Rusyda, et al., 2017).

ILUSTRASI PERLAKUAN 3

Perlakuan 3 penambahan material berupa seng berlainan bentuk yakni seng datar dan seng gelombang, adapun ilustrasi dari perlakuan 3 dapat dilihat pada Gambar 3.4

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id



Warna	Keterangan
Kuning	Aquarium
Biru	Air Laut
Hitam	*Geomembran* HDPE
Merah	Seng (Zn)
Hijau	Terpal
Coklat	Tanah alluvial

Gambar 3.4. Ilustrasi Perlakuan 3

Gambar 3.4 merupakan ilustrasi perlakuan 3 pada aquarium ke tiga, perlakuan yang dilakukan pada aquarium ke tiga yakni dengan menambahkan material seng (Zn) yang berbentuk datar dan berbentuk gelombang sebagai alas tambahan. Kedua

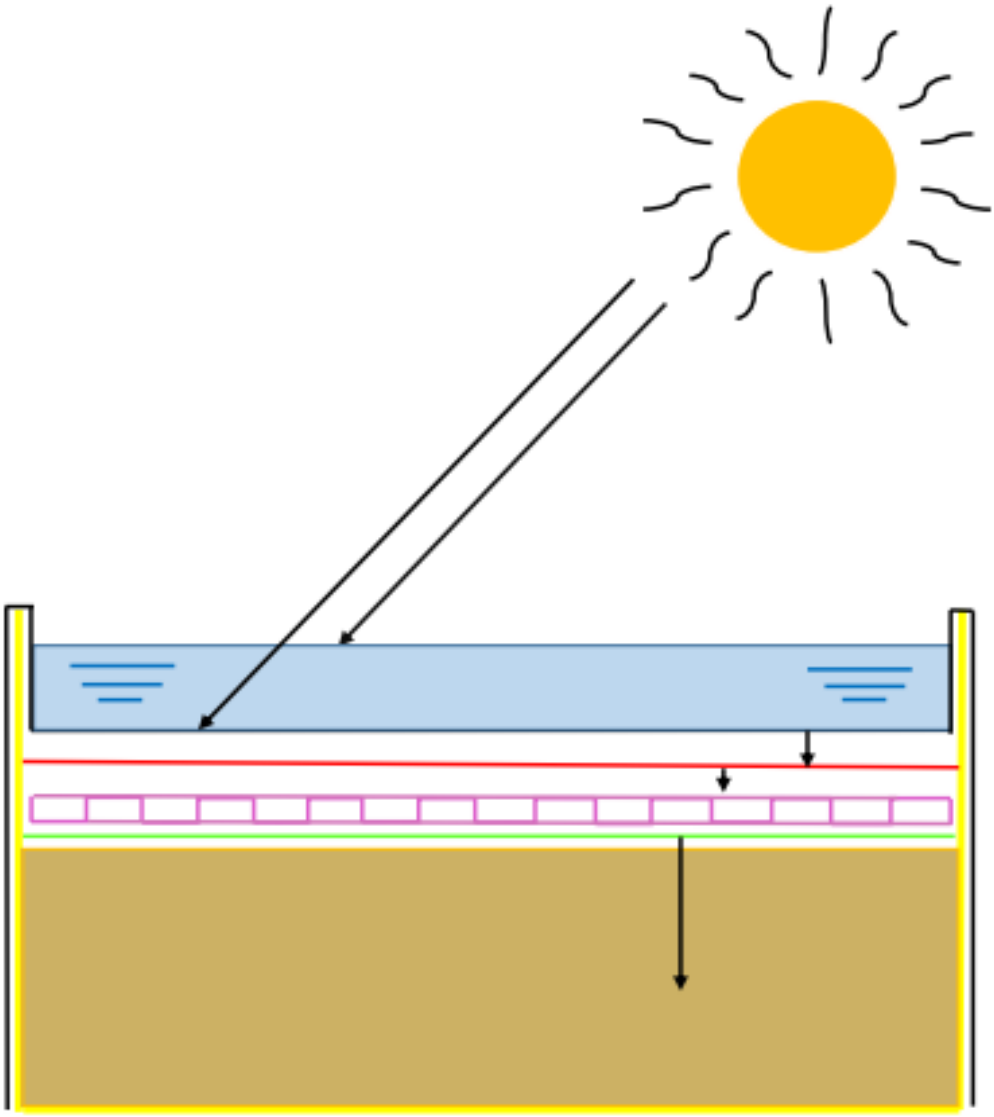
digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

material tersebut sudah dicat dengan cat besi berwarna hitam sebelum diaplikasikan ke lapangan. Urutan lapisan pada perlakuan ketiga dari bagian bawah meliputi tanah alluvial dengan ketinggian 20 cm kemudian dibentangkan terpal sehingga dapat menutupi lapisan tanah selanjutnya diberi lapisan seng gelombang dengan ukuran 57 cm x 38 cm dengan tinggi gelombang 2 cm hingga menutupi permukaan terpal, setelah itu ditambah lapisan seng berbentuk datar dengan ukuran 56 cm x 38 cm. Penggunaan seng (Zn) berlapis dengan bentuk seng berbeda yakni datar dan gelombang maka terdapat perbedaan perpindahan panas karena terdapat pengaruh udara pada seng bergelombang (konveksi gas) sehingga dengan adanya penambahan seng gelombangdiharapkan panas dapat semakin meningkat. Setelah ditambahkan material seng datar, kemudian tutup dengan menggunakan lapisan *geomembran* HDPE, selanjutnya isi dengan air laut dengan volume air yakni 1,5 liter. Adanya penambahan material logam yakni seng datar dan seng gelombang pada perlakuan 3, maka terdapat dua sistem perpindahan panas yakni sistem terbuka dan sistem tertutup. Pada sistem terbuka terjadi proses perpindahan panas secara radiasi yang diakibatkan oleh sumber energi panas matahari yang diserap langsung *geomembran* HDPE serta air garam selain itu terjadi proses perpindahan panas secara konveksi pada air garam. Kemudian pada lapisan di bawah *geomembran* HDPE terdapat sistem tertutup, terjadi perpindahan panas secara seri konduksi. Perpindahan panas secara seri konduksi berawal dari *geomembran* HDPE menuju seng datar kemudian panas diteruskan menuju seng gelombang.

ILUSTRASI PERLAKUAN 4

Pada perlakuan 4 ditambahkan alas material logam namun beda jenis dan bentuk logam yang digunakan, dimana material logam yang digunakan berupa seng datar dan besi *hollow*. Adapun ilustrasi perlakuan ke 4 dapat dilihat pada Gambar 3.5

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id



Warna	Keterangan
Kuning	Aquarium
Biru	Air Laut
Hitam	*Geomembran* HDPE
Merah	Seng (Zn)
Ungu	Besi (Fe)
Hijau	Terpal
Coklat	Tanah alluvial

Gambar3.5. Ilustrasi Perlakuan 4

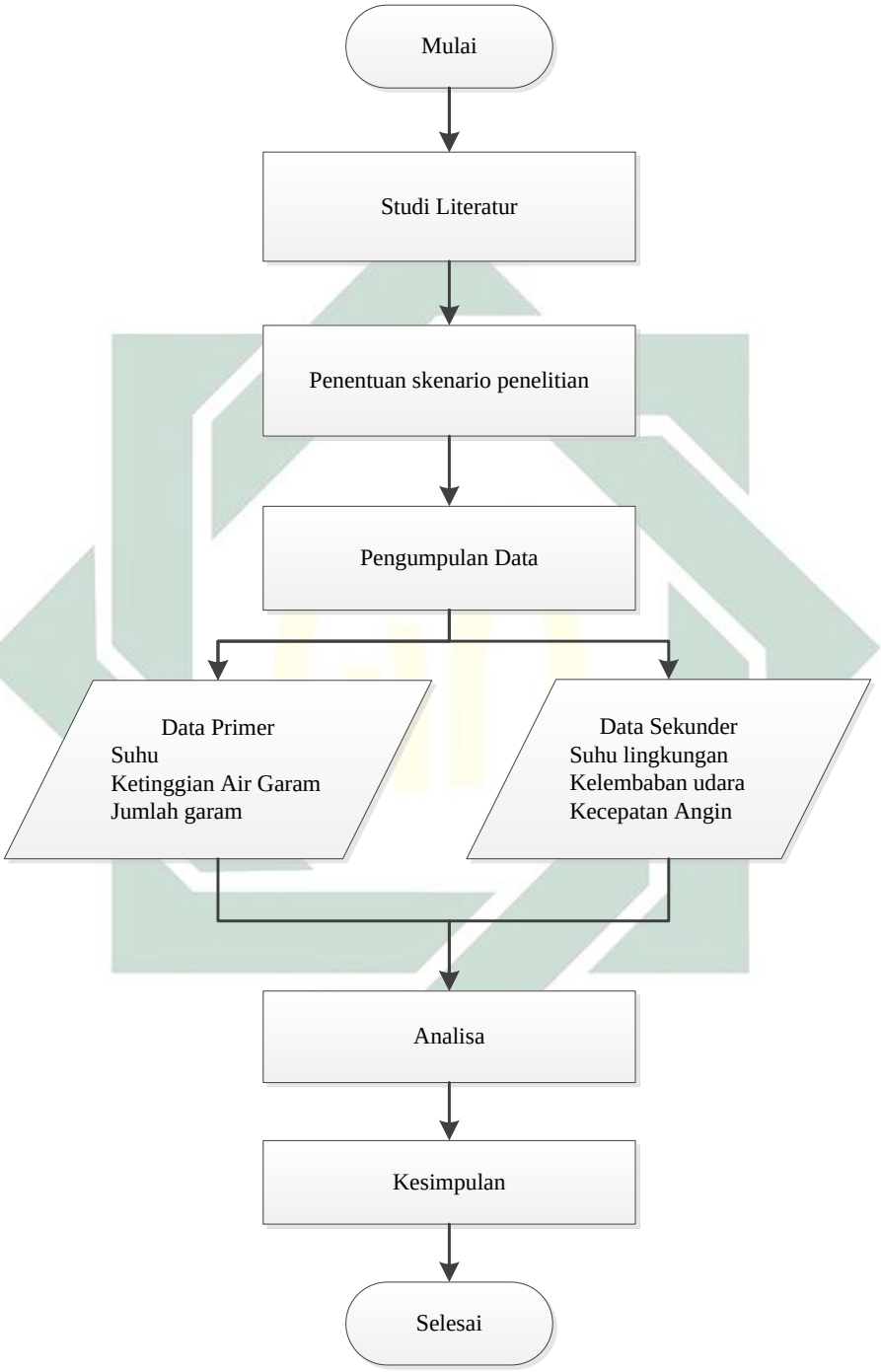
digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Ilustrasi perlakuan 4 pada gambar 3.5 menggambarkan adanya penambahan 2 material logam yang berbeda yakni besi (Fe) dan zeng (Zn) sebagai tambahan alas meja kristalisasi ladang garam. Untuk menghindari korosi maka material seng datar dan besi *hollow* dicat dengan menggunakan cat besi berwarna hitam. Urutan lapisan pada perlakuan 4 aquarium ke empat yakni tanah alluvial diisi dengan ketinggian 20 cm. Kemudian ditutup dengan menggunakan terpal, selanjutkan letakkan besi *hollow* dengan ukuran 3,4 cm x 3,4 cm sebanyak 16 buah dengan panjang 37 cm. Fungsi terpal pada perlakuan 4 digunakan untuk menghalangi percepatan korosi pada besi yang disebabkan karena adanya kelembaban tanah, sehingga terpal harus ditutup sempurna pada permukaan tanah, selain itu untuk menghindari dampak dari kelembaban tanah maka besi dilapisi dengan menggunakan cat anti korosi. Setelah itu letakkan seng datar dengan ukuran 56 cm x 38 cm di atas lapisan besi. Penggunaan besi (Fe) dan seng (Zn) diharapkan dapat meningkatakan laju evaporasi pada produksi garam, penggunaan kedua logam tersebut karena keduanya memiki nilai konduktivitas masing-masing yakni besi sebesar 74,48 W/m°K (Akridge, 2007), sedangkan seng sebesar 104,7 W/m°K (Nunes, et al., 1992). Kemudian tutupi dengan menggunakan *geomembran* HDPE hingga menutupi luar permukaan kaca aquarium, setelah itu masukkan air laut dengan volume 1,5 liter. Pada perlakuan 4 sistem perpindahan panas sama seperti perlakuan ke tiga, dimana terjadi sistem terbuka dan sistem tertutup. Sistem terbuka pada perlakuan empat sama dengan perlakuan yang lainnya yakni terjadi secara radiasi di antara sumber energi panas matahari dengan *geomembran* HDPE serta air garam kemudian terjadi perpindahan panas secara konveksi pada air garam penelitian. Selanjutnya yakni sistem tertutup yang terjadi pada lapisan di bawah *geomembran* HDPE, proses perpindahan panas terjadi secara seri konduksi antara *geomembran* HDPE menuju seng datar, kemudian diteruskan pada besi *hollow*.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

3.4 Mekanisme Penelitian

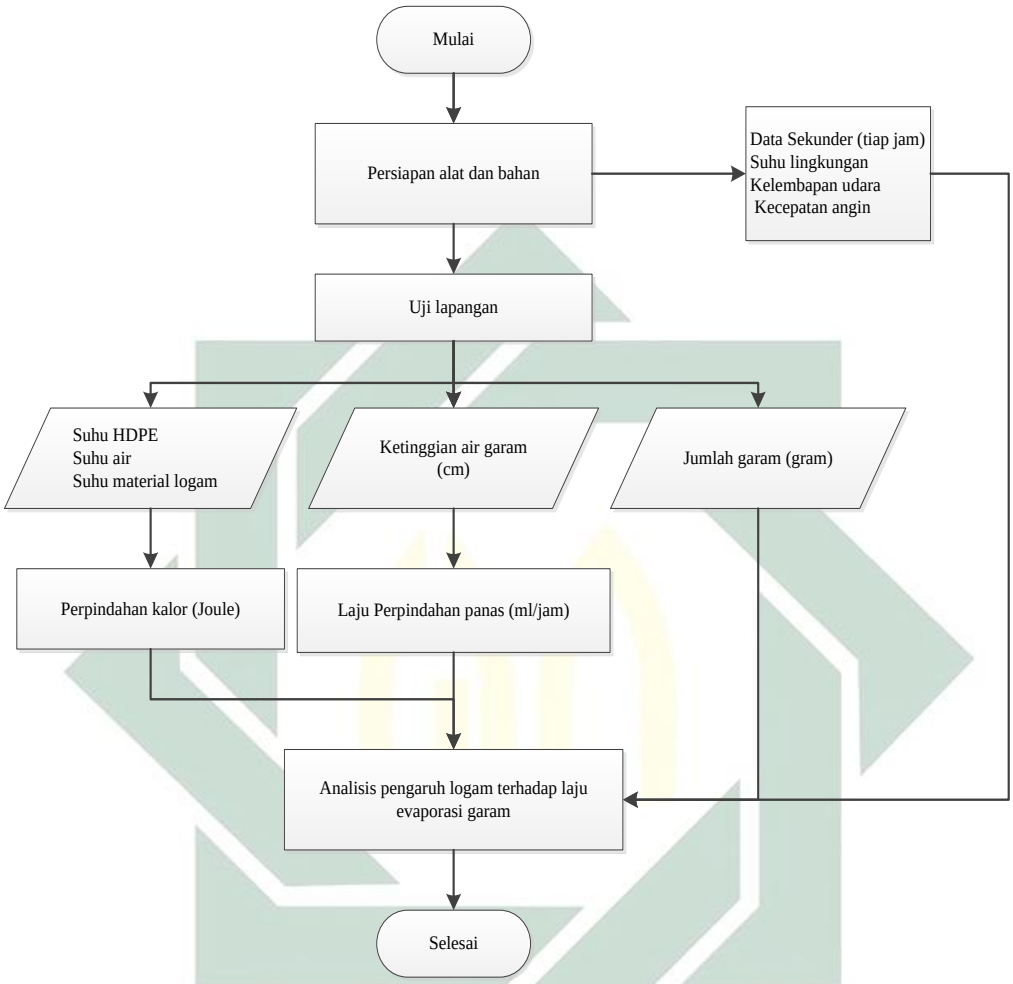
Mekanisme yang digunakan dalam menyelesaikan penelitian ini terdapat dalam bagan alur penelitian Gambar 3.6



Gambar 3.6. Bagan Alur Penelitian

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Prosedur penelitian yang dibuat, menyesuaikan dengan kondisi yang ada pada lokasi penelitian. Adapun *flowchart* dari prosedur peneltian dapat dilihat pada Gambar 3.7



Gambar 3.7. Prosedur Pengambilan Data

Tahapan dari penelitian ini dapat dilihat pada langkah-langkah seperti :

a. Studi Pendahuluan

Tahap studi pendahuluan merupakan langkah awal dari pengumpulan data. Sebelum diadakannya penelitian lapangan maka harus dilakukan studi pendahuluan dahulu, untuk mencari studi literatur yang sama dengan penelitian yang akan dikaji sehingga mnemudahkan untuk mengindentifikasi, merumuskan dan menentukan tujuan. Pada penelitian ini, tahap studi pendahuluan dilakukan dengan mencari jurnal atau penelitian yang berkaitan

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

dengan proses terbentuknya garam ditambak, faktor yang mempengaruhi laju evaporasi dan waktu yang dibutuhkan dalam 1 kali panen.

b. Penentuan skenario penelitian

Skenario yang dilakukan pada penelitian ini yakni dengan merencanakan susunan penelitian yang akan dilakukan. Pada penelitian ini berbagai material digunakan seperti material padat (tanah), cair (air laut) hingga logam (besi dan seng), komposisi material tersebut sebelum diaplikasikan harus diperhitungkan terlebih dahulu dengan keadaan yang sebenarnya dilapangan sehingga dapat mencapai tujuan. Salah satu yang diperhitungkan yakni volume air laut yang akan diisikan pada aquarium percobaan, besar kecilnnya volume air laut yang diisi dalam aquarium akan mempengaruhi waktu kristalisasi garam. Berdasarkan asumsi pada keadaan lapangan ladang garam yang dibandingkan dengan skala aquarium maka diperoleh volume air laut dengan perbandingan 1 : 40, hasil tersebut didapatkan dari luasan ladang garam dengan ukuran 20 m x 30 m dan tinggi 10 cm (Sudarto, 2011) dengan volume 60.000 liter sedangkan pada aquarium percobaan yang berukuran 38,5 cm x 58.5 cm dengan ketinggian 1,5 cm maka volume air laut yang harus diisikan sebanyak 1,5 liter sehingga dari perbandingan perbandingannya luas permukaan 1 : 40 maka perbandingan volumenya yakni 1,5 liter : 60.000 liter.

c. Pengumpulan Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini yakni data primer dan data sekunder.

1. Pengujian

Data primer yang dilakukan pada penelitian ini yakni pengukuran suhu setiap satu jam sekali selama 8 jam dengan 9 kali pengambilan data setiap hari, yang dimulai pada pukul 08.00 – 16.00 WIB selama 19 hari. Kemudian amati berapa waktu yang dibutuhkan untuk menguapkan air hingga air pekat dan proses kristalisasi garam hingga terbentuk butiran garam. Selain itu lihat bagaimana kecepatan angin, kelembaban udara dan suhu lingkungan. Metode pengambilan data primer yang digunakan pada penelitian ini yakni menggunakan metode metode eksperimen yang merupakan bagian dari metode kuantitatif. Penggunaan metode eksperimen karena dalam penelitian ini

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

melibatkan adanya 3 kelompok yang diberi perlakuan dan terdapat 1 kelompok yang tidak diberi perlakuan (*control*). Pengambilan data yang dilakukan sebanyak 3 kali percobaan, dan data yang diambil yakni suhu setiap lapisan pada aquarium penelitian. Pengambilan data suhu dilakukan pada air laut, *geomembran* HDPE, material logam tambahan seng (Zn) dan besi (Fe). Pada terpal tidak dilakukan pengukuran suhu karena merupakan *isolator* merupakan lapisan pereda panas. *Geomembran* HDPE juga merupakan *isolator*, tetapi karena *geomembran* HDPE yang digunakan pada tambak garam berwarna hitam sehingga memiliki kemampuan dalam menyerap panas lebih tinggi (Syuhada & Shaeri, 2010) dibandingkan dengan warna lainnya, dimana diketahui nilai konduktivitas *geomembran* HDPE yakni 0,16 W/mK (Aloma, et al., 2002) sehingga dapat membantu mempercepat laju evaporasi garam.

2. Data Sekunder

   Data sekunder yang dibutuhkan dalam penelitian ini meliputi data suhu lingkungan/udara, kelembaban udara dan kecepatan angin melalui *software AccuWeather*.

d. Pengolahan Data

Olah data dilakukan setelah mendapatkan hasil uji skala laboratorium selama penelitian berlangsung. Hasil dari olah data yakni berupa pengukuran suhu dengan menggunakan *infrared thermometer* pada masing-masing aquarium. Untuk perpindahan panas secara radiasi, konduksi dan konveksi maka perhitungannya dilakukan dengan data yang didapatkan dari mengukur suhu setiap lapisan. Sebelum menghitung suhu, dilakukan perhitungan luas permukaan pada material logam yang digunakan dalam penelitian ini, adapun rumus dalam menghitung luas permukaan dapat dilihat di bawah ini

C. Luas Permukaan *geomembran* HDPE

$$p \times l \quad \text{.....} (1)$$

Keterangan

p = panjang *geomembran* HDPE yakni 0,58 m

l = lebar *geomembran* HDPE (m) yakni 0,38 m

- Luas permukaan Air

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

$p \ x \ l$ .....*(2)*

Keterangan

p = panjang *geomembran* HDPE yakni 0,58 m

l = lebar *geomembran* HDPE (m) yakni 0,38 m

- Luas Permukaan Seng Datar

$p \ x \ l$ .....*(3)*

Keterangan :

p = panjang seng datar 0,56 m

l = lebar seng datar 0,38 m

D. Luas Seng Gelombang

a. Luas seng gelombang yang menempel pada HDPE

$t \ x \ p \ x \ 5$ .....*(4)*

b. Luas lekukan seng gelombang

$(\pi \ x \ r \ x \ p) \ x \ 5$ .....*(5)*

Keterangan :

p = panjang seng gelombang yakni 0,57 m

r = jari-jari seng gelombang yakni 0,02 m

t = tebal seng gelombang yakni 0,001 m

π = 3,14

5 merupakan jumlah lekukan pada seng gelombang penelitian

E. Luas Besi *Hollow*

a. Luas permukaan besi *hollow*

$p \ x \ l$ .....*(6)*

b. Luas inner besi *hollow*

$(p \ x \ (l - (2 \ x \ t)) \ x \ 16$.....*(7)*

Keterangan :

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

p = panjang besi *hollow* yakni 0,37 m

l = lebar besi *hollow* yakni 0,034 m

t = tebal besi *hollow* yakni 0,001 m

16 merupakan jumlah besi *hollow* yang digunakan dipenelitian

Perhitungan Perpindahan Panas

Untuk menghitung data lapangan yang sudah terkumpul maka digunakan rumus laju perpindahan panas, adapun rumus yang akan digunakan yakni sebagai berikut :

- **Radiasi**

Perpindahan panas yang pertama yakni secara radiasi, dimana perpindahan energi panas matahari pada air laut dalam aquarium terjadi secara langsung tanpa perantara. Adapun rumus radiasi menurut Joseph Stefan (1853-1893) dan Ludwig Boltzmann (1844-1906) yang dikenal dengan Hukum Stefan-Bolztmann (Urra dkk, 2017) secara matematis tertulis :

$$Q = e \times \sigma \times t \times A \times T^4 \quad \text{.....(8)}$$

Dimana:

Q = Jumlah kalor radiasi (joule)

T = suhu mutlak benda (°K)

A = luas penampang (m^2)

σ = konstanta Stefan-Boltzmann ($5{,}67 \times 10^{-8}$ W/m^2K^{-4})

e = koefisien emisivitas ($0 < e \leq 1$)

t = waktu yakni 1 detik

- **Konveksi**

Perpindahan panas yang ketika yakni terjadi secara konveksi. Perpindahan konveksi hanya terjadi pada material logam dengan menggunakan seng bergelombang hal ini karena terdapat perantara gas. Adapun rumus dalam

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

menghitung perpindahan panas secara konveksi menurut Isaac Newton tahun 1701 yang dikenal dengan Hukum Pendinginan Newton sebagai berikut :

$$H = h \; x \; A \; x \; \Delta T \; atau \; Q = h \; x \; A \; x \; \Delta T \; x \; t \; .....(9)$$

Dimana :

Q = Jumlah kalor konveksi (joule)

h = koefisien konveksi termal (J/m^2K)

A = luas penampang (m^2)

ΔT = perbedaan suhu (°K)

t = waktu yakni 1 detik

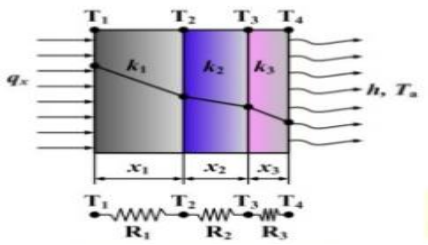
- **Seri Konduksi**

Perpindahan panas yang kedua yakni terjadi secara konduksi. Syarat pada perpindahan panas secara konduksi yakni manggunakan padatan sehingga pada penelitian ini, proses konduksi terjadi pada seng datar dan plat besi. Adapun rumus untuk menghitung konduksi menurut Curtis Jean Babtiste Joseph Fourier (1822) yang dikenal dengan Hukum Fourier yakni sebagai berikut :

$$Q = -k \; xA \; x \frac{\Delta T}{l}$$

Lapisan material dalam penelitian ini disusun secara seri, sehingga aliran panas dari matahari hingga tanah alluvial mengarah secara vertikal. Berdasarkan Hukum Fourier yang dijelaskan di atas, maka laju perpindahan panas pada penelitian ini yang dikonservasi energi maka susunannya merupakan seri konduksi. Dan proses perpindahan panasnya dapat dilihat pada gambar 3.8

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id



Gambar 3.8. Skematik perpindahan panas konduksi untuk susunan seri

Sumber : Pane, 2015

Berdasarkan gambar 3.8 maka diperoleh persamaan sebagai berikut

$$Q = \frac{\Delta T}{\sum R} \text{.....} (10)$$

Dimana :

Q = Jumlah kalor konduksi (joule)

T = suhu (°K)

R = $\frac{\Delta X}{K\ x\ A}$

X = tebal material (m)

k = koefisien konduksi termal (J/mK)

A = luas permukaan (m²)

Proses perpindahan panas, suhu dinyatakan dengan kelvin (K), maka suhu yang awal merupakan derajat celcius diganti dahulu menjadi kelvin dengan menggunakan rumus menurut Lord Kelvin (1824 - 1907) dalam yakni sebagai berikut :

$$\text{tk} = (tc + 273)K \text{ .....} (11)$$

Dimana :

t_k = suhu kelvin

t_c = suhu dalam derajat celcius

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Setelah diketahui laju perpindahan panas disetiap lapisan alas ladang garam selanjutnya hitung laju evaporasi, menurut Teledo *dalam* Tyas & Wirosoedarmo (2014) rumus dalam menghitung laju evaporasi adalah sebagai berikut :

$$W = \frac{m_w \times a}{t} \quad \text{.....} \quad (12)$$

Dimana :

W = laju penguapan (mL/jam)

m_w = luas evaporator (cm^3)

α = selisih beda tinggi air laut (cm)

t = waktu (jam)

Pengambilan data dilapangan dilakukan dengan penggaris matrik sehingga hasil yang didapatkan dalam bentuk satuan cm (sentimeter), untuk membantu mempermudah perhitungan laju evaporasi, maka dapat melihat tabel konversi satuan di bawah ini :

	cm^3	mm^3	mL
1 cm	1	-	-
1 cm^3	-	1000	1
1 mm^3	-	-	0,001

e. Analisa Data

Analisa data evaporasi garam dilakukan melalui beberapa tahapan, yaitu :

a. Pengambilan data suhu dan pengamatan evaporasi garam antara perlakuan 1, perlakuan 2, perlakuan 3 dan perlakuan 4 mengenai perubahan air garam (gejala klinis), selanjutnya di antara ke 4 perlakuan tersebut manakah kalor dihasilkan paling besar.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

b. Analisa yang pertama akan dihubungkan dengan laju evaporasi garam terhadap ke 4 perlakuan sehingga dapat menjelaskan mengapa di antara 4 perlakuan tersebut proses pengeringan garam didapatkan diwaktu yang berbeda.

f. Kesimpulan

Hasil pengolahan data dengan menggunakan rumus-rumus perpindahan panas secara konveksi, konduksi ataupun radiasi yang kemudian dilanjutkan dengan perhitungan laju evaporasi sehingga hasil data yang sudah didapatkan selanjutnya dapat ditarik kesimpulan menjadi ringkasan akhir dari penelitian.

3.5 Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada bulan februari hingga juli 2020. Adapun waktu pelaksanaan percobaan hingga analisis dijelaskan pada table di bawah ini.

Tabel 3.3. Jadwal Penelitian

Uraian	Feb				Mar				Apr				Mei				Jun				Jul		
	Minggu ke																						
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3
Studi literatur																							
Perumusan konsep dan scenario penelitian																							
Persiapan alat & bahan																							
Uji pendahuluan																							
Pengujian/ Percobaan 1-3																							
Analisa dan pembahasan																							

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Uraian	Feb				Mar				Apr				Mei				Jun				Jul		
	Minggu ke																						
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3
Penyusunan laporan																							
Sidang akhir																							

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

"halaman ini sengaja dikosongkan"

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

BAB IV
HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Perpindahan Kalor

Rudolf Clausius dan WilliamThomson (Lord Kelvin) tahun 1822-1888 menyatakan hukum termodinamika Kedua berbunyi bahwa aliran panas spontan selalu berasal dari suhu tubuh yang lebih tinggi ke tubuh suhu yang lebih rendah (Baker, et al., 1992). Pernyataan tersebut menjelaskan bahwasannya kalor dapat bergerak dan berpindah dari zat yang bertemperatur tinggi menuju temperatur rendah namun tidak mengalir secara spontan pada arah sebaliknya. Hal ini berlaku pada *plate heat exchanger* dimana tinggi rendahnya temperatur dan waktu perpindahan panas dipengaruhi oleh ketebalan dan tipe material (Handoyo, 2001) karena semua material memiliki daya hantar panas yang berbeda – beda terhadap panas yang diperoleh (Aminah, et al., 2013). Sehingga apabila suatu padatan dapat menyerap panas maka energi internal dalam padatan tersebut akan meningkat karena adanya kenaikan temperatur.

Plate heat exchanger terdiri dari pelat – pelat yang dirangkai *fluida* panas dapat mengalir dalam satu arah disuatu ruang secara bergantian, dan *fluida* dingin mengalir dalam aliran berlawanan arus pada ruang bergantian lainnya akibat adanya peningkatan perpindahan panas (Tamiselvan, et al., 2017). Penerapan *Plate heat exchanger* dalam penelitian berdasarkan susunan *hot side* dan *cold side*. *Hot side* berupa suhu sinar radiasi matahari hingga material alas tambahan (seng dan besi) sedangkan *cold side* berupa terpal dan tanah alluvial. Tyas & Wirosoedarmo (2014) menambahkan bahwa peningkatan suhu berbanding lurus dengan peningkatan kalor. Dalam penerapanya disetiap aquarium diberi perlakuan yang berbeda agar dapat menghasilkan jumlah kalor yang berbeda. Perlakuan 1 merupakan control yang umumnya sudah diterapkan oleh masyarakat petani tambak garam. Arwiyah, et al., (2015) menambahkan bahwa periode kristalisasi garam menggunakan alas *geomembran* HDPE membutuhkan waktu selama 8 hari, perode waktu tersebut lebih cepat 2 hari dibandingkan dengan alas tanah. hal tersebut menunjukkan bahwa terdapat penambahan kalor dengan menerapkan *geomembran* HDPE dibandingkan hanya alas tanah hingga akhirnya periode kristalisasi dapat lebih cepat. Ilustrasi

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

pada perlakuan 1 sumber panas hanya berasal dari radiasi sinar matahari. Untuk lebih jelasnya mengenai susunan dan perpindahan panas pada perlakuan 1 dapat dilihat pada tabel 4.1 berikut ini

Tabel 4.1. Lapisan Alas Model Ladang Garam Perlakuan 1

Lapisan Alas Model Ladang Garam Perlakuan 1			
Keterangan	**Susunan**	**Perpindahan Panas**	**Persamaan**
	Air Laut 1,5 liter	Radiasi, Konveksi Air	$Q = e \, x \, \sigma \, x \, t \, x \, A \, x \, T^4$ $H = h \, x \, A \, x \, \Delta T$
Lapisan 3	*Geomembran* HDPE	Radiasi	$Q = e \, x \, \sigma \, x \, t \, x \, A \, x \, T^4$
Lapisan 2	Terpal	Isolator	-
Lapisan 1	Tanah Alluvial	Pereda Panas	-

Contoh perhitungan total kalor pada perlakuan 1 dijelaskan dalam tabel 4. 2 berikut

Tabel 4.2. Perhitungan Total Kalor Pada Perlakuan 1

Pukul	Suhu Air (°K)	Suhu HDPE (°K)	Perubahan Suhu (°K)	Kalor Radiasi HDPE	Kalor Radiasi Air	Kalor Konveksi air	Total Kalor (Joule)
	T_1	T_2	ΔT (T_2-T_1)	Q_1= e x σ x t x A x $(T_2)^4$	Q_2 = e x σ x t x A x $(T_1)^4$	Q_3 = h x A x ΔT x t	Q_{tot} = Q_1+Q_2+Q_3
08.00	303	311	8	1,169.06	1,053.33	1020.26	3,242.65
09.00	311	310	1	1,154.09	1,169.06	127.53	2,450.69
10.00	306.5	308	1.5	1,124.60	1,102.85	191.30	2,418.75
11.00	311	317	6	1,261.92	1,169.06	765.19	3,196.17
12.00	309.5	319	9.5	1,294.07	1,146.67	1211.56	3,652.29
13.00	309	325	16	1,394.21	1,139.27	2040.52	4,574.00
14.00	308	319	11	1,294.07	1,124.60	1402.85	3,821.52
15.00	306	313	7	1,199.42	1,095.67	922.64	3,217.73
16.00	304.5	311	6.5	1,169.06	1,074.35	828.96	3,072.36
						Total Kalor =	**29,646.16**

Berdasarkan tabel 4. 2 perhitungan total kalor pada perlakuan 1 didapatkan dari proses perpindahan panas secara radiasi air, radiasi *geomembran* HDPE dan konveksi air. Dalam perhitungannya suhu air dan suhu *geomembran* HDPE yang

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

sudah diperoleh dari pengambilan data selanjutnya dikonversikan dalam derajat kelvin (°K) dengan menggunakan persamaan 11 dimana tc merupakan suhu yang diperoleh (°C). Berikut merupakan contoh uraian perhitungan perpindahan kalor pada tabel 4. 2 perlakuan 1 pukul 08.00 WIB, yang diawai dengan perhitungan suhu

a. Suhu Air

Diketahui Tc Air = 30 °C

Jawab Tk Air = (Tc + 273) K

Tk Air = (30 +273)K

Tk Air = 303 °K

b. Suhu HDPE

Diketahui Tc HDPE = 38 °C

Jawab Tk HDPE = (Tc + 273) K

Tk HDPE = (38 + 273) K

Tk HDPE = 311 °K

Setelah dikoversikan menjadi °K maka selajutnya mencari luas permukaan dari HDPE dengan menggunakan persamaan 1 kemudian menghitung luas permukaan air dengan persamaan 2.

a. Luas Permukaan Air

Diketahui p = 0,58 m

l = 0,38 m

Jawab A Air = p x l

A Air = 0,58 x 0,38

A Air = 0,2204 m^2

b. Luas Permukaan HDPE

Diketahui p = 0,58 m

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

l = 0,38 m

Jawab A Air = p x l

A Air = 0,58 x 0,38

A Air = 0,2204 m²

Selanjutnya setelah diketahui nilai suhu dan luas penampang maka dihitung proses perpindahan panas secara radiasi dengan persamaan 8 dan secara konveksi menggunakan persamaan 9 dengan mengacu pada tabel 2.1, dengan uraian perhitungan sebagai berikut

a. Radiasi Air

Diketahui σ = 5,67 x 10^{-8} W/m^{2}K^{-4}

A Air = 0,2204 m²

e = 1 (benda hitam)

t = 1 detik

Jawab Q Air = $e \times \sigma \times t \times A \times T^4$

Q Air = 1 x 5,67 x 10^{-8} x 1 x 0,2204 x $(303)^4$

Q Air = 1.053,33 Joule

b. Radiasi HDPE

Diketahui σ = 5,67 x 10^{-8} W/m^{2}K^{-4}

A HDPE = 0,2204 m²

e = 1 (benda hitam)

t = 1 detik

Jawab Q HDPE = $e \times \sigma \times t \times A \times T^4$

Q HDPE = 1 x 5,67 x 10^{-8} x 1 x 0,2204 x $(311)^4$

Q HDPE = 1.169,06 Joule

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

c. Konveksi Air pada Air Garam

Diketahui h = 578,75 mW/mK

A air = 0,2204 m²

ΔT = Tk HDPE – Tk Air

= 311 – 303 = 8°K

t = 1 detik

Jawab $H = h\ x\ A\ x\ \Delta T$

$Q/t = h\ x\ A\ x\ \Delta T$

$Q = h\ x\ A\ x\ \Delta T\ x\ t$

Q Air = 578,75 x 0,2204 x 8 x 1

Q Air = 1.020,26 Joule

Kemudian kalor yang dihasilkan tiap perpindahan panas ditotal

Q total = Q radiasi air + Q radiasi HDPE + Q konveksi Air

Q total = 1.053,33 + 1.169,06 + 1.020,26

Q total = 3.242,65 Joule

Pada percobaan yang sudah dilakukan maka perlakuan 1 mengalami proses kristalisasi paling lama dibandingkan perlakuan lainnya. Mahdi (2009) *dalam* Kumala (2012) memaparkan faktor yang menjadi vaiabel produksi garam salah satunya yakni peningkatan kecepatan penguapan air laut dan penggunaan teknologi baru. Berdasarkan kutipan tersebut maka dalam percobaan ini diterapkan sebuah inovasi dengan cara menambahkan alas di bawah *geomembran* HDPE menggunakan material logam yang bersifat konduktor agar dapat meningkatkan kalor lebih besar sehingga proses kristalisasi terjadi lebih cepat. Prinsip dari sistem tertutup dengan menambahkan material logam yakni seri konduksi dimana proses perpindahan panas dapat melewati bidang datar (susunan horizontal) berlapis dengan bahan yang berbeda-beda. Pada perlakuan 2 penambahan alas hanya satu

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

lapisan material logam yakni seng datar sehingga hanya terdapat 1 seri konduksi di bawah *geomembran* HDPE. Tujuannya untuk melihat perbedaan jumlah seri material, dengan penambahan seng datar yang dapat mengakibatkan tambahan transfer panas secara vertikal di bawah *geomembran* HDPE, karena material yang digunakan bersifat konduktor maka terjadi peningkatan suhu pada seng datar sehingga dapat meningkatkan suhu di bawah *geomembran* HDPE. Adapun susunan dan proses perpindahan panas yang terjadi pada perlakuan 2 dapat dilihat pada tabel 4.3 berikut ini

Tabel 4.3. Lapisan Alas Model Ladang Garam Perlakuan 2

Lapisan Alas Model Ladang Garam Perlakuan 2			
Keterangan	**Susunan**	**Perpindahan Panas**	**Persamaan**
	Matahari	Radiasi Air Radiasi HDPE	$Q = e \ x \ \sigma \ x \ t \ x \ A \ x \ T^4$
	Air Laut 1,5 liter	Konveksi Air	$H = h \ x \ A \ x \ \Delta T$
Lapisan 3	Geomembran HDPE	Konduksi	$Q = \frac{T1 - T2}{\frac{x1}{k1A1} + \frac{x2}{k2A2}}$
Material Tambahan	Seng Datar		
Lapisan 2	Terpal	Isolator	-
Lapisan 1	Tanah Alluvial	Pereda Panas	-

Contoh perhitungan total kalor pada perlakuan 2 dijelaskan dalam tabel 4.4 berikut

Tabel 4.4. Perhitungan Total Kalor Pada Perlakuan 2

Pukul	Suhu Air (°K)	Suhu HDPE (°K)	Suhu Seng Datar (°K)	Perubahan Suhu Konveksi (°K)	Perubahan Suhu Konduksi (°K)	Kalor Radiasi HDPE	Kalor Radiasi air	Kalor konveksi air	Kalor Seri konduksi	Total Kalor (Joule)
	T_1	T_2	T_3	ΔT_1 (T_2-T_1)	ΔT_2 (T_2-T_3)	Q_1= e x σ x t x A x $(T_2)^4$	Q_2 = e x σ x t x A x $(T_1)^4$	Q_3= h x A x ΔT_1 x t	Q_4= $\frac{T1 - T2}{\frac{x1}{k1A1} + \frac{x2}{k2A2}}$	Q_{tot} = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4
08.00	303	313	306	10	7	1.199,42	1.053,33	1.275,32	493,38	4.021,46

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Pukul	Suhu Air (°K)	Suhu HDPE (°K)	Suhu Seng Datar (°K)	Perubahan Suhu Konveksi (°K)	Perubahan Suhu Konduksi (°K)	Kalor Radiasi HDPE	Kalor Radiasi air	Kalor konveksi air	Kalor Seri konduksi	Total Kalor (Joule)
	T_1	T_2	T_3	ΔT_1 (T_2-T_1)	ΔT_2 (T_2-T_3)	Q_1= e x σ x t x A x $(T_2)^4$	Q_2 = e x σ x t x A x $(T_1)^4$	Q_3= h x A x ΔT_1 x t	Q_4= $\frac{T1 - T2}{\frac{x1}{k1A1} + \frac{x2}{k2A2}}$	Q_{tot} = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4
09.00	311	316	307	5	9	1.246,07	1.169,06	637,66	634,35	3.687,14
10.00	307	313	309	6	4	1.199,42	1.110,06	765,19	281,93	3.356,61
11.00	311	319	311	8	8	1.294,07	1.169,06	1.020,26	563,87	4.047,25
12.00	309,5	326	312	16,5	14	1.411,45	1.146,67	2.174,80	986,77	5.719,68
13.00	310	328	313	18	15	1.446,41	1.154,09	2.372,50	1.057,25	6.030,26
14.00	308	321	313	13	8	1.326,83	1.124,60	1.657,92	563,87	4.673,21
15.00	306	317	319	11	-2	1.261,92	1.095,67	1.402,85	(140,97)	3.619,48
16.00	304	312	307	8	5	1.184,17	1.067,31	1.020,26	352,42	3.624,15
									Total Kalor =	**38.779,24**

Berdasarkan tabel 4.4 perhitungan total kalor pada perlakuan 2 didapatkan dari proses perpindahan panas secara radiasi air, radiasi *geomembran* HDPE dan konveksi air dan konduksi antara HDPE dengan seng datar. Dalam perhitungannya suhu air dan suhu *geomembran* HDPE yang sudah diperoleh dari pengambilan data selanjutnya dikonversikan dalam derajat kelvin (°K) dengan menggunakan persamaan 11 dimana tc merupakan suhu yang diperoleh (°C). Berikut merupakan contoh uraian perhitungan perpindahan kalor pada tabel 4.4 perlakuan 2 pukul 08.00 WIB, yang diawai dengan perhitungan suhu

a. Suhu Air

Diketahui Tc Air = 30 °C

Jawab Tk Air = (Tc + 273) K

Tk Air = (30 +273)K

Tk Air = 303 °K

b. Suhu HDPE

Diketahui Tc HDPE = 40°C

Jawab Tk HDPE = (Tc + 273) K

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Tk HDPE = (40 + 273) K

Tk HDPE = 313°K

c. Suhu Seng Datar

Diketahui Tc HDPE = 33 °C

Jawab Tk HDPE = (Tc + 273) K

Tk HDPE = (33 + 273) K

Tk HDPE = 306 °K

Setelah dikoversikan menjadi °K maka selajutnya mencari luas permukaan dari HDPE dengan menggunakan persamaan 1 kemudian menghitung luas permukaan air dengan persamaan 2 dan luas permukaan seng datar dengan persamaan 3.

a. Luas Permukaan Air

Diketahui p = 0,58 m

l = 0,38 m

Jawab A Air = p x l

A Air = 0,58 x 0,38

A Air = 0,2204 m^2

b. Luas Permukaan HDPE

Diketahui p = 0,58 m

l = 0,38 m

Jawab A Air = p x l

A Air = 0,58 x 0,38

A Air = 0,2204 m^2

c. Luas Permukaan Seng Datar

Diketahui p = 0,58 m

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

l = 0,38 m

Jawab A Seng Datar = p x l

A Seng Datar = 0,56 x 0,38

A seng Datar = 0,2128 m²

Selanjutnya setelah diketahui nilai suhu dan luas penampang maka dihitung proses perpindahan panas secara radiasi dengan persamaan 8, secara konveksi menggunakan persamaan 9 dengan nilai h yang mengacu pada tebl 2.3-1 dan secara seri konduksi dengan persamaan 10, dengan uraian perhitungan sebagai berikut

a. Radiasi Air

Diketahui σ = 5,67 x 10^{-8} W/m^{2}K^{-4}

A Air = 0,2204 m²

e = 1 (benda hitam)

t = 1 detik

Jawab Q Air = $e \times \sigma \times t \times A \times T^4$

Q Air = 1 x 5,67 x 10^{-8} x 1 x 0,2204 x $(303)^4$

Q Air = 1.053,33 Joule

b. Radiasi HDPE

Diketahui σ = 5,67 x 10^{-8} W/m^{2}K^{-4}

A HDPE = 0,2204 m²

e = 1 (benda hitam)

t = 1 detik

Jawab Q HDPE = $e \times \sigma \times t \times A \times T^4$

Q HDPE = 1 x 5,67 x 10^{-8} x 1 x 0,2204 x $(311)^4$

Q HDPE = 1.199,42 Joule

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

c. Konveksi Air pada Air Garam

Diketahui h = 578,75 mW/mK

A air = 0,2204 m²

ΔT = Tk HDPE – Tk Air

t = 1 detik

Jawab $H = h \; x \; A \; x \; \Delta T$

$Q/t = h \; x \; A \; x \; \Delta T$ atau $Q = h \; x \; A \; x \; \Delta T \; x \; t$

Q Air = 578,75 x 0,2204 x 8 x 1

Q Air = 1.275,32 Joule

d. Seri Konduksi

Diketahui k HDPE = 0,16 Wm/K

k seng = 104,7 Wm/K

A HDPE = 0,2204 m²

A seng datar = 0,2128 m²

l (tebal) HDPE = 0,0005 m

l (tebal) seng datar = 0,0002 m

t = 1 detik

Q seri konduksi = $\frac{T\ hdpe - T\ seng\ datar}{\frac{l\ hdpe}{k\ hdpe\ x\ A\ hdpe} + \frac{l\ seng\ datar}{k\ seng\ datar\ x\ A\ seng\ datar}}$

Q seri konduksi = $\frac{313-306}{\frac{0,0005}{0,16\ x\ 0,2204} + \frac{0,0002}{104,7\ x\ 0,2128}}$

Q seri konduksi = 493,38 Joule

Kemudian kalor yang dihasilkan tiap perpindahan panas ditotal

Q total = Q radiasi air + Q radiasi HDPE + Q konveksi Air + Q seri konduksi

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Q total = 1.053,33 + 1.199,42 + 1.275,32 + 493,38

Q total = 4.021,46 Joule

Berdasarkan jumlah seri konduksi, maka pada perlakuan 3 diterapkan dua seri konduksi dengan tambahan material logam berupa seng datar dan seng gelombang. Penggunaan material dengan jenis yang sama tetapi berbeda bentuk untuk mengetahui perbedaan total kalor akibat pengaruh dari adanya penambahan seng gelombang. Mukaddim, et al., (2013) menjelaskan lebih lanjut bahwa seng gelombang memiliki kemampuan menyerap panas yang lebih baik karena seng gelombang mampu memantulkan panas kebagian gelombang sampingnya dibandingkan dengan seng datar yang menyebarkan panasnya cenderung konstan (Juwito, 2017). Adapun susunan dan proses perpindahan panas pada perlakuan 3 dapat dilihat pada tabel 4.5 berikut ini

Tabel 4.5. Lapisan Alas Model Ladang Garam Perlakuan 3

Lapisan Alas Model Ladang Garam Perlakuan 3			
Keterangan	**Susunan**	**Perpindahan Panas**	**Persamaan**
	Matahari	Radiasi Air Radiasi HDPE	$Q = e \ x \ \sigma \ x \ t \ x \ A \ x \ T^4$
	Air Laut 1,5 liter	Konveksi Gas	$H = h \ x \ A \ x \ \Delta T$
Lapisan 3	*Geomembran* HDPE	Konduksi	$Q = \frac{T1 - T3}{\frac{x1}{k1A1} + \frac{x2}{k2A2} + \frac{x3}{k3A3}}$
Material Tambahan	Seng Datar		
Material Tambahan	Seng Gelombang		
		Konveksi Gas	$H = h \ x \ A \ x \ \Delta T$
Lapisan 2	Terpal	Isolator	-
Lapisan 1	Tanah Alluvial	Pereda Panas	-

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Contoh perhitungan total kalor pada perlakuan 3 dijelaskan dalam tabel 4.6 berikut

Tabel 4.6. Perhitungan Total Kalor Pada Perlakuan 3

Pukul	Suhu Air (°K)	Suhu HDPE (°K)	Suhu Seng Datar (°K)	Suhu Seng Gelombang (°K)	Perubahan Suhu konveksi air	Perubahan Suhu konduksi	Perubahan Suhu Konveksi Gas	Kalor Radiasi HDPE	Kalor Radiasi Air	Kalor Konveksi Air	Kalor Seri Konduksi	Kalor Konveksi Gas	Kalor Total (Joule)
	T_1	T_2	T_3	T_4	ΔT_1 (T_2 - T_1)	ΔT_2 (T_2 - T_4)	ΔT_3 (T_3- T_4)	Q_1=e x σ x t x A x (T_2)4	Q_2=e x σ x t x A x (T_1)4	Q_3=h x A x ΔT_1 x t	$Q_4 = \frac{T1 - T3}{\frac{x1}{k1A1} + \frac{x2}{k2A2} + \frac{x3}{k3A3}}$	Q_5= h x A x ΔT_3 x t	$Q_{tot} = Q_1 Q_2 + Q_3 + Q_4$
08.00	304	316	309	303	12	13	6	1.246,07	1.067,31	1.530,39	160,07	28,60	4.032,44
09.00	311,5	329	310	304	17,5	25	6	1.464,13	1.176,59	2.306,60	307,83	28,60	5.283,76
10.00	307	331	312	306	24	25	6	1.500,05	1.110,06	3.163,34	307,83	28,60	6.109,89
11.00	310	333	316	309	23	24	7	1.536,64	1.154,09	3.031,53	295,52	33,37	6.051,15
12.00	310	334	320	312	24	22	8	1.555,18	1.154,09	3.163,34	270,89	38,13	6.181,64
13.00	309	334	325	313	25	21	12	1.555,18	1.139,27	3.385,90	258,58	58,77	6.397,70
14.00	308	335	321	310	27	25	11	1.573,89	1.124,60	3.656,77	307,83	52,44	6.715,52
15.00	306	338	323	311	32	27	12	1.631,03	1.095,67	4.333,95	332,46	57,20	7.450,31
16.00	305	321	313	308	16	13	5	1.326,83	1.081,42	2.108,89	160,07	23,83	4.701,05
												Total Kalor =	**52.923,45**

Berdasarkan tabel 4.6 perhitungan total kalor pada perlakuan 3 didapatkan dari proses perpindahan panas secara radiasi air, radiasi *geomembran* HDPE dan konveksi air. Dalam perhitungannya suhu air dan suhu *geomembran* HDPE yang sudah diperoleh dari pengambilan data selanjutnya dikonversikan dalam derajat kelvin (°K) dengan menggunakan persamaan 11 dimana tc merupakan suhu yang diperoleh (°C). Berikut merupakan contoh uraian perhitungan perpindahan kalor pada tabel 4.6 perlakuan 3 pukul 08.00 WIB, yang diawai dengan perhitungan suhu

a. Suhu Air

Diketahui Tc Air = 31 °C

Jawab Tk Air = (Tc + 273) K

Tk Air = (31 +273)K

Tk Air = 304°K

b. Suhu HDPE

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Diketahui Tc HDPE = 43°C

Jawab Tk HDPE = (Tc + 273) K

Tk HDPE = (43 + 273) K

Tk HDPE = 316°K

c. Suhu Seng Datar

Diketahui Tc HDPE = 36°C

Jawab Tk HDPE = (Tc + 273) K

Tk HDPE = (36 + 273) K

Tk HDPE = 309°K

d. Suhu Seng Gelombang

Diketahui Tc HDPE = 30 °C

Jawab Tk HDPE = (Tc + 273) K

Tk HDPE = (30 + 273) K

Tk HDPE = 303°K

Setelah dikoversikan menjadi °K maka selajutnya mencari luas permukaan dari HDPE dengan menggunakan persamaan 1, luas permukaan air dengan persamaan 2, luas permukaan seng datar dengan persamaan 3 dan luas permukaan seng gelombang dengan persamaan 4 dan 5.

a. Luas Permukaan Air

Diketahui p = 0,58 m

l = 0,38 m

Jawab A Air = p x l

A Air = 0,58 x 0,38

A Air = 0,2204 m^2

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

b. Luas Permukaan HDPE

Diketahui p = 0,58 m

l = 0,38 m

Jawab A Air = p x l

A Air = 0,58 x 0,38

A Air = 0,2204 m^2

c. Luas Permukaan Seng Datar

Diketahui p = 0,56 m

l = 0,38 m

Jawab A Seng Datar = p x l

A Seng Datar = 0,56 x 0,38

Aseng Datar = 0,2128 m^2

d. Luas Seng Gelombang

Diketahui p = 0,57 m

l (tebal) = 0,001 m

Jumlah lekukan yang menempel pada seng datar = 5

Jawab A seng gelombang = p x l x jumlah lekukan

A seng gelombang = 0,57 x 0,001 x 5

A seng gelombang = 0,00285 m^2

e. Luas lekukan seng gelombang

Diketahui p = 0,57 m

Jumlah lekukan seng gelombang = 5

r = 0,02 m

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Jawab A lekukan seng gelombang = $\pi\ x\ r\ x\ p\ x\ jumlah\ lekukan$

A lekukan seng gelombang = 3,14 x 0,02 x 0,57 x 5

A lekukan seng gelombang = 0,179070 m²

Selanjutnya setelah diketahu nilai suhu dan luas penampang maka dihitung proses perpindahan panas secara radiasi dengan persamaan 8, secara konveksi menggunakan persamaan 9 dengan nilai h yang mengacu pada tabel 2.1 untuk air dan tabel 2.2 untuk gas serta secara seri konduksi dengan menggunakan persamaan 10, dengan uraian perhitungan sebagai berikut

d. Radiasi Air

Diketahui σ = 5,67 x 10^{-8} W/m^{2}K^{-4}

A Air = 0,2204 m²

e = 1 (benda hitam)

t = 1 detik

Jawab Q Air = $e\ x\ \sigma\ x\ t\ x\ A\ x\ T^4$

Q Air = 1 x 5,67 x 10^{-8} x 1 x 0,2204 x $(304)^4$

Q Air = 1.067,31 Joule

e. Radiasi HDPE

Diketahui σ = 5,67 x 10^{-8} W/m^{2}K^{-4}

A HDPE = 0,2204 m²

e = 1 (benda hitam)

t = 1 detik

Jawab Q HDPE = $e\ x\ \sigma\ x\ t\ x\ A\ x\ T^4$

Q HDPE = 1 x 5,67 x 10^{-8} x 1 x 0,2204 x $(316)^4$

Q HDPE = 1.246,07 Joule

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

f. Konveksi Air pada Air Garam

Diketahui ΔT = Tk HDPE – Tk Air

h air = 578,75 mW/mK

A air = 0,2204 m²

t = 1 detik

Jawab $H = h\ x\ A\ x\ \Delta T$

$Q/t = h\ x\ A\ x\ \Delta T$

$Q = h\ x\ A\ x\ \Delta T\ x\ t$

Q Air = 578,75 x 0,2204 x 12 x 1

Q Air = 1.530,39 Joule

g. Konduksi Seri

Diketahui k HDPE = 0,16 Wm/K

k seng = 104,7 Wm/K

A HDPE = 0,2204 m²

A seng datar = 0,2128 m²

A seng gelombang = 0,00285 m²

l (tebal) HDPE = 0,0005 m

l (tebal) seng datar = 0,0002 m

l (tebal) seng gelombang = 0,02 m

t = 1 detik

Q seri konduksi = $\frac{T\ hdpe - T\ seng\ gelombang}{\frac{l\ hdpe}{k\ hdpe\ x\ A\ hdpe} + \frac{l\ seng\ datar}{k\ seng\ datar\ x\ A\ seng\ datar} + \frac{l\ seng\ gelombang}{k\ seng\ gelombang\ x\ A\ seng\ gelombang}}$

Q seri konduksi = $\frac{316-303}{\frac{0,0005}{0,16\ x\ 0,2204} + \frac{0,0002}{104,7\ x\ 0,2128} + \frac{0,02}{104,7\ x\ 0,00285}}$

Q seri konduksi = 160,07 Joule

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

h. Konveksi Gas Seng Gelombang

Diketahui ΔT = T hdpe – T seng gelombang

A lekukan seng gelombang = 0,179070 m²

h gas= 25,12 mW/mK

t = 1 detik

Jawab Q seng gelombang = $h\ x\ A\ x\ \Delta T\ x\ t$

Q seng gelombang = 24,74 x 0,179070 x 6 x 1

Q seng gelombang = 28,60 Jpule

Kemudian kalor yang dihasilkan tiap perpindahan panas ditotal

Q total = Q radiasi air + Q radiasi HDPE + Q konveksi Air + Q seri konduksi + Q konveksi gas

Q total = 1.067,31 + 1.246,07 + 1.530,39 + 160,07 + 28,60

Q total = 4.032,44 Joule

Pada perlakuan 4 diterapkan dua seri konduksi akan tetapi berbeda jenis material yakni seng datar dan besi *hollow*, tujuannya untuk melihat bagaimana penambahan kalor jika konduktivitas termal dari benda yang digunakan berbeda, karena berdasarkan sifat mekanik kedua benda tersebut diketahui bahwa besi memiliki nilai konduktivitas termal hanya sebesar 74,48 W.m/K (Akridge, 2007) sedangkan seng sebesar 104,7 W.m/K (Nunes, et al., 1992). Adapun susunan dan perpindahan panas pada perlakuan 4 dapat dilihat dalam tabel 4.7 berikut ini

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Tabel 4.7. Lapisan Alas Model Ladang Garam Perlakuan 4

Lapisan Alas Model Ladang Garam Perlakuan 4			
Keterangan	**Susunan**	**Perpindahan Panas**	**Persamaan**
	Matahari	Radiasi Air Radiasi HDPE	$Q = e \times \sigma \times t \times A \times T^4$
	Air Laut 1,5 liter	Konveksi Air	$Q = h \times A \times \Delta T \times t$
Lapisan 3	*Geomembran* HDPE	Konduksi	$Q = \frac{T1 - T3}{\frac{x1}{k1A1} + \frac{x2}{k2A2} + \frac{x3}{k3A3}}$
Material Tambahan	Seng Datar		
Material Tambahan	Besi Holow		
		Konveksi Gas	$H = h \times A \times \Delta T$
Lapisan 2	Terpal	Isolator	-
Lapisan 1	Tanah Alluvial	Pereda Panas	-

Contoh perhitungan total kalor pada perlakuan 4 dijelaskan dalam tabel 4.8 berikut

Tabel 4.8. Perhitungan Total Kalor Pada Perlakuan 4

Pukul	Suhu Air (°K)	Suhu HDPE (°K)	Suhu Seng Datar (°K)	Suhu Besi *Hollow* (°K)	Perubahan Suhu Konveksi Air	Perubahan Suhu Konduski	Perubahan Suhu Konveksi Gas	Kalor Radiasi HDPE	Kalor Radiasi Air	Kalor konveksi air	Kalor Seri Konduksi	Kalor Konveksi Gas	Total Kalor (J)
	T_1	T_2	T_3	T_4	ΔT_1 (T_2 - T_1)	ΔT_2 (T_2- T_4)	ΔT_3 (T_3- T_4)	Q_1= e x σ x t x A x (T_2)4	Q_2= e x σ x t x A x (T_1)4	Q_3= h x A x ΔT_1 x t	$Q_4 = \frac{T1 - T3}{\frac{x1}{k1A1} + \frac{x2}{k2A2} + \frac{x3}{k3A3}}$	Q_3 = h x A x ΔT_3 x t	$Q_{tot} = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4$
08.00	303	318	309	307	15	11	2	1.277,92	1.053,33	1.977,09	771,88	10,09	5.090,31
09.00	312	331	311	309	19	22	2	1.500,05	1.184,17	2.504,31	1.543,77	10,09	6.742,39
10.00	307	332	314	311	25	21	3	1.518,26	1.110,06	3.385,90	1.473,60	15,13	7.502,95
11.00	316	335	317	312	19	23	5	1.573,89	1.246,07	2.504,31	1.613,94	25,21	6.963,42
12.00	310	340	318	314	30	26	4	1.669,98	1.154,09	4.063,07	1.824,45	20,72	8.732,32
13.00	310,5	338	322	316	27,5	22	6	1.631,03	1.161,56	3.724,48	1.543,77	31,09	8.091,93
14.00	308	333	324	319	25	14	5	1.536,64	1.124,60	3.385,90	982,40	25,91	7.055,44
15.00	306	327	325	321	21	6	4	1.428,85	1.095,67	2.909,23	421,03	20,72	5.875,50

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Pukul	Suhu Air (°K)	Suhu HDPE (°K)	Suhu Seng Datar (°K)	Suhu Besi *Hollow* (°K)	Perubahan Suhu Konveksi Air	Perubahan Suhu Konduski	Perubahan Suhu Konveksi Gas	Kalor Radiasi HDPE	Kalor Radiasi Air	Kalor konveksi air	Kalor Seri Konduksi	Kalor Konveksi Gas	Total Kalor (J)
	T_1	T_2	T_3	T_4	ΔT_1 (T_2 - T_1)	ΔT_2 (T_2- T_4)	ΔT_3 (T_3- T_4)	Q_1= e x σ x t x A x (T_2)4	Q_2= e x σ x t x A x (T_1)4	Q_3= h x A x ΔT_1 x t	$Q_4 = \frac{T1 - T3}{\frac{x1}{k1A1} + \frac{x2}{k2A2} + \frac{x3}{k3A3}}$	Q_3 = h x A x ΔT_3 x t	$Q_{tot} = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4$
16.00	305	323	318	313	18	10	5	1.360,21	1.081,42	2.372,50	701,71	25,91	5.541,75
												Total Kalor =	**61.596,00**

Berdasarkan tabel 4.8 perhitungan total kalor pada perlakuan 4 didapatkan dari proses perpindahan panas secara radiasi air, radiasi *geomembran* HDPE dan konveksi air. Dalam perhitungannya suhu air dan suhu *geomembran* HDPE yang sudah diperoleh dari pengambilan data selanjutnya dikonversikan dalam derajat kelvin (°K) dengan menggunakan persamaan 11 dimana tc merupakan suhu yang diperoleh (°C). Berikut merupakan contoh uraian perhitungan perpindahan kalor pada tabel 4.8 perlakuan 4 pukul 08.00 WIB, yang diawai dengan perhitungan suhu

a. Suhu Air

Diketahui Tc Air = 30°C

Jawab Tk Air = (Tc + 273) K

Tk Air = (30 +273)K

Tk Air = 303°K

b. Suhu HDPE

Diketahui Tc HDPE = 45°C

Jawab Tk HDPE = (Tc + 273) K

Tk HDPE = (45 + 273) K

Tk HDPE = 318°K

c. Suhu Seng Datar

Diketahui Tc HDPE = 36°C

Jawab Tk HDPE = (Tc + 273) K

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Tk HDPE = (36 + 273) K

Tk HDPE = 309°K

d. Suhu Besi *Hollow*

Diketahui Tc HDPE = 34 °C

Jawab Tk HDPE = (Tc + 273) K

Tk HDPE = (30 + 273) K

Tk HDPE = 307°K

Setelah dikoversikan menjadi °K maka selajutnya mencari luas permukaan dari HDPE dengan menggunakan persamaan 1, hitung luas permukaan air dengan persamaan 2, hitung luas permukaan seng datar dengan persamaan 4 dan luas perhitungan besi *hollow* dengan persamaan 6 dan 7.

a. Luas Permukaan Air

Diketahui p = 0,58 m

l = 0,38 m

Jawab A Air = p x l

A Air = 0,58 x 0,38

A Air = 0,2204 m²

b. Luas Permukaan HDPE

Diketahui p = 0,58 m

l = 0,38 m

Jawab A Air = p x l

A Air = 0,58 x 0,38

A Air = 0,2204 m²

c. Luas Permukaan Seng Datar

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Diketahui p = 0,56 m

l = 0,38 m

Jawab A Seng Datar = p x l

A Seng Datar = 0,56 x 0,38

Aseng Datar = 0,2128 m²

d. Luas Besi Holow

Diketahui p = 0,58 m

l = 0,38 m

Jawab A besi *hollow* = p x l

A Seng Datar = 0,56 x 0,38

A seng gelombang = 0,2128 m²

e. Luas inner seng besi *hollow*

Diketahui p = 0,37 m

l = 0,034 m

t (tebal) = 0,001m

jumlah besi *hollow* = 16 buah

Jawab A inner besi *hollow* = $p\ x\ (l$-(2 x t)) x 16

A inner besi *hollow* = 0,037 x (0,034 – (2 x 0,001)) x 16

A inner besi *hollow* = 0,18944 m²

Selanjutnya setelah diketahu nilai suhu dan luas penampang maka dihitung proses perpindahan panas secara radiasi dengan persamaan 8, secara konveksi menggunakan persamaan 9, dengan nilai h yang mengacu pada tabel 2.1 untuk air dan tabel 2.2 untuk gas dan secara konduksi dengan persamaan 10, dengan uraian perhitungan sebagai berikut

a. Radiasi Air

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Diketahui σ = 5,67 x 10^{-8} W/m^2K^{-4}

A Air = 0,2204 m²

e = 1 (benda hitam)

t = 1 detik

Jawab Q Air = $e \; x \; \sigma \; x \; t \; x \; A \; x \; T^4$

Q Air = 1 x 5,67 x 10^{-8} x 1 x 0,2204 x $(303)^4$

Q Air = 1.053,33 Joule

b. Radiasi HDPE

Diketahui σ = 5,67 x 10^{-8} W/m^2K^{-4}

A HDPE = 0,2204 m²

e = 1 (benda hitam)

t = 1 detik

Jawab Q HDPE = $e \; x \; \sigma \; x \; t \; x \; A \; x \; T^4$

Q HDPE = 1 x 5,67 x 10^{-8} x 1 x 0,2204 x $(318)^4$

Q HDPE = 1.277,92 Joule

c. Konveksi Air pada Air Garam

Diketahui ΔT = Tk HDPE – Tk Air

h air = 578,75 mW/mK

A air = 0,2204 m²

t = 1 detik

Jawab $H = h \; x \; A \; x \; \Delta T$

$Q/t = h \; x \; A \; x \; \Delta T$

$Q = h \; x \; A \; x \; \Delta T \; x \; t$

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Q Air = 598,03 x 0,2204 x 15 x 1

Q Air = 1.977,09 Joule

d. Konduksi Seri Konduksi

Diketahui k HDPE = 0,16 Wm/K

k seng = 104,7 Wm/K

k besi = 74,48

A HDPE = 0,2204 m²

A seng datar = 0,2128 m²

A besi *hollow* = 0,2128 m²

l (tebal) HDPE = 0,0005 m

l (tebal) seng datar = 0,0002 m

l (tebal) besi *hollow* = 0,001 m

t = 1 detik

Q seri konduksi = $\frac{T\ hdpe - T\ besi\ hollow}{\frac{l\ hdpe}{k\ hdpe\ x\ A\ hdpe} + \frac{l\ seng\ datar}{k\ seng\ datar\ x\ A\ seng\ datar} + \frac{l\ besi\ hollow}{k\ besi\ hollow\ x\ A\ hollow}}$

Q seri konduksi = $\frac{316-303}{\frac{0,0005}{0,16\ x\ 0,2204} + \frac{0,0002}{104,7\ x\ 0,2128} + \frac{0,001}{74,48\ x\ 0,2128}}$

Q seri konduksi = 771,88 Joule

e. Konveksi Gas Besi *Hollow*

Diketahui ΔT = T hdpe – T besi *hollow*

A inner besi *hollow* = 0,18944 m²

h gas= 26,162 mW/mK

t = 1 detik

Jawab Q besi *hollow* = $h\ x\ A\ x\ \Delta T\ x\ t$

Q besi *hollow* = 26,62 x 0,18944 x 2 x 1

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Q besi *hollow* = 10,09 Joule

Kemudian kalor yang dihasilkan tiap perpindahan panas ditotal

Q total = Q radiasi air + Q radiasi HDPE + Q konveksi Air + Q seri konduksi + Q konveksi gas

Q total = 1.053,33 + 1.277,92 + 1.977,09 + 771,88 + 10,09

Q total = 5.090,31 Joule

Berdasarkan tabel 4.8 maka pada perlakuan 1 sumber panas hanya berasal dari radiasi sinar matahari. Panas matahari merupakan sumber utama dalam proses produksi garam karena dapat menghasilkan panas radiasi sebesar 515.514 joule (Chadarisma, et al., 2012). Sedangkan proses perpindahan panas pada perlakuan 2, perlakuan 3 dan perlakuan 4 selain berasal dari penyerapan *geomembran* HDPE terhadap radiasi matahari, juga didapatkan dari material logam yang ditambahkan. Pada dasarnya jika energi radiasi menimpa suatu bahan maka sebagian radiasi akan dipantulkan (*refleksi*), sebagian diserap (*absorbsi*) dan sebagian lainnya akan diteruskan (*transmisi*) (Jumiati, 2016). Sehingga panas radiasi matahari yang diserap *geomembran* HDPE oleh perlakuan 2, perlakuan 3 dan perlakuan 4 diteruskan pada material logam yang letaknya di bawah *geomembran* HDPE. Energi radiasi yang dikeluarkan oleh *geomembran* HDPE didapatkan dari temperatur yang dipindahkan melalui ruang dalam bentuk gelombang elektromagnetik. Teori Joseph Black menjelaskan bahwa kenaikan suhu suatu benda dapat digunakan untuk menentukan banyaknya kalor yang diserap oleh benda (Purjiyanta, 2007). Dalam penelitian ini pada dasarnya menggunakan dua sistem yakni pertama sistem terbuka dan kedua sistem tertutup. Sistem terbuka merupakan kalor yang dihasilkan dari bagian atas lapisan *geomembran* HDPE dengan energi sinar matahari sebagai sumber utamanya, sedangkan pada sistem tertutup kalor yang diserap oleh *geomembran* HDPE kemudian diteruskan pada material logam di bawahnya (alas tambahan) dengan cara sistem tertutup seri konduksi sehingga terdapat penambahan panas di bawah *geomembran* HDPE. Dalam sistem tertutup terjadi peningkatan tekanan karena adanya tekanan udara

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

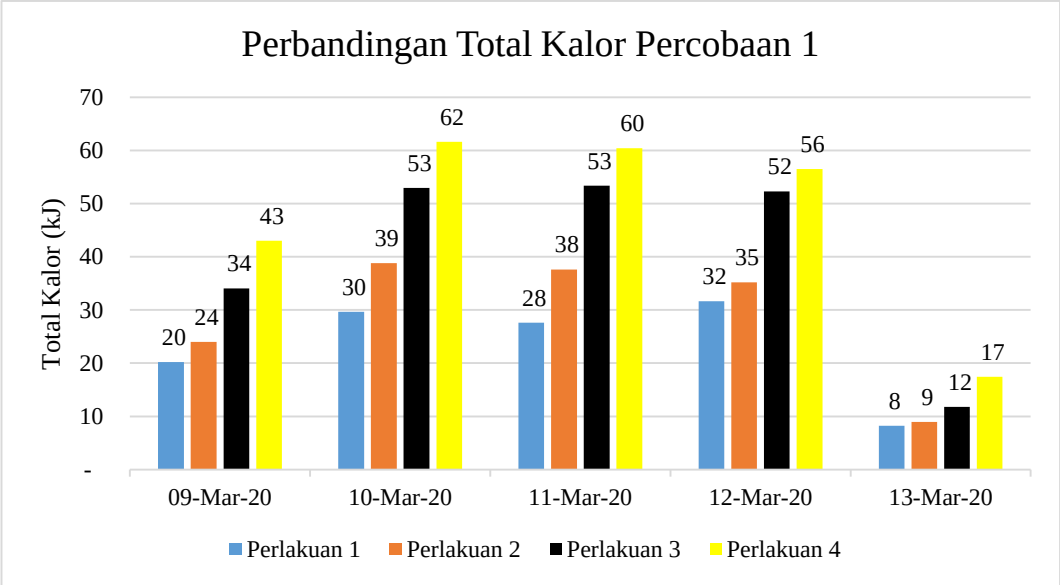
naik seiring dengan peningkatan suhu material, peningkatan tekanan udara akan berimplikasi pada peningkatan energi kalor (Kristanto, 2000).

Proses perpindahan panas yang diserap *geomembran* HDPE berasal dari penyerapan radiasi matahari, pada perlakuan 2 panas yang diserap selanjutnya diteruskan menuju seng datar dengan cara seri konduksi dan pada pada perlakuan 3 serta perlakuan 4 proses perpindahan panas setelah seng datar akan diteruskan kembali secara seri konduksi pada material seng gelombang ataupun besi *hollow*, dan pada kedua material tersebut karena memiliki rongga maka masih terdapat proses perpindahan panas secara konveksi gas. Dengan demikian berdasarkan susunan lapisan tiap perlakuan maka kalor yang dihasilkan disetiap perlakuan dapat berbeda-beda, selain itu dengan kondisi cuaca yang cukup bervariasi disetiap percobaan maka kalor yang dihasilkan tidak sama, untuk lebih jelasnya akan dibahas pada sub bab berikut ini

4.1.1 Kalor Pada Percobaan 1

Uji lapangan yang dilakukan pada percobaan 1 terjadi pada saat cuaca panas dan selama percobaan berlangsung terjadi hujan dua kali pada waktu sore hari. Pada hari pertama cuaca panas dengan suhu lingkungan sebesar 29°C, tetapi pada pukul 15.00 turun hujan. Hari kedua suhu lingkungan sebesar 31°C. Hari ketiga suhu lingkungan yakni 32°C akan tetapi setelah pengambilan data ke tujuh cuaca mendung hingga akhirnya turun hujan. Nilai suhu lingkungan pada hari ketiga cukup tinggi, Djoko Wilarso dan Wahyuningtyas (1995) *dalam* Gustiawati (2016) menjelaskan rata – rata suhu lingkungan panas di antara 31°C-35°C. Pada hari ke empat cuaca sangat panas dengan suhu lingkungan sebesar 30°C. Hari ke lima cuaca cukup terik dengan rata-rata suhu lingkungan yakni 28°C. Berdasarkan perolehan data suhu yang dilakukan selama percobaan 1 menunjukkan bahwa suhu tiap perlakuan berbeda-beda, adanya perbedaan suhu ini karena setiap jam suhu lingkungan dan kelembaban udara selalu berubah sehingga berpengaruh terhadap suhu yang diserap oleh tiap lapisan disetiap perlakuan. Apabila jumlah kalor disetiap perlakuan selama percobaan pertama dapat dilihat pada gambar 4.1

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id



Gambar 4.1 Perbandingan Total Kalor yang Dihasilkan di Setiap Perlakuan Pada Percobaan 1

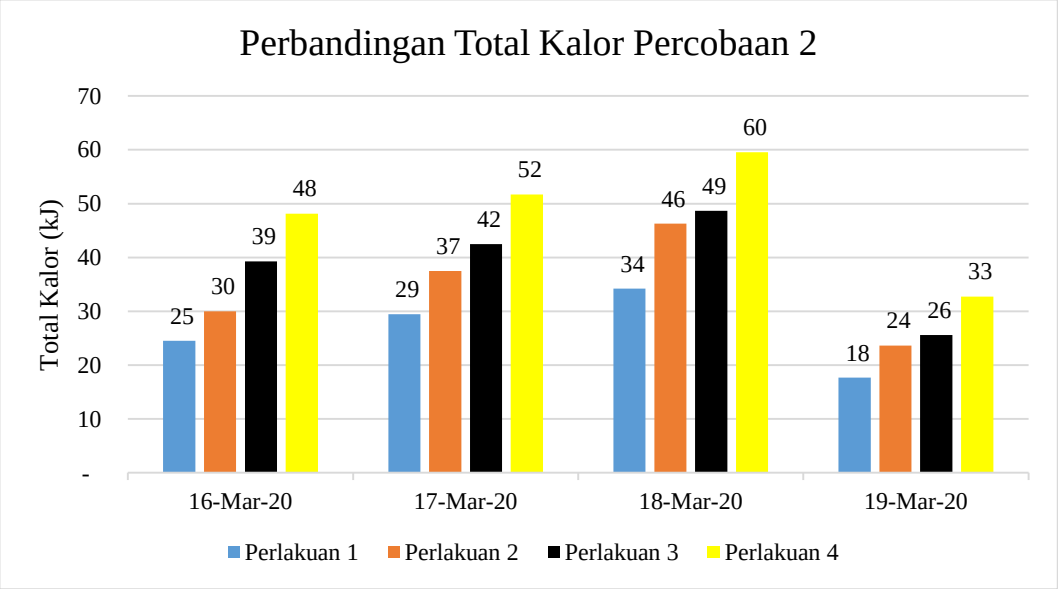
Berdasarkan grafik batang pada gambar 4.1 menujukkan bahwasannya perlakuan 4 menghasilkan kalor yang paling tinggi dengan nilai hari pertama 43 kJ, hari kedua 62 kJ, hari ketiga 60 kJ, hari keempat 56 kJ dan hari kelima 17 kJ. Kalor Pada Percobaan 3 dihari pertama menghasilkan 35 kJ, hari kedua 53 kJ, hari ketiga 53 kJ, hari keempat 52 kJ dan hari kelima 12 kJ. Sedangkan pada perlakuan 2 dihari pertama 24 kJ, hari kedua 39 kJ, hari ketiga 38 kJ, hari keempat 35 kJ dan hari kelima 9 kJ. Dan pada percobaan 1 dihari pertama kalor yang dihasilkan sebesar 20 kJ, dihari kedua 30 kJ, dihari ketiga 28 kJ, hari keeempat 32 kJ dan dihasi kelima sebesar 8 kJ.

4.1.2 Kalor Pada Percobaan 2

Selama percobaan kedua berlangsung cuaca sangat mendukung, karena tidak ada hujan sehingga radiasi penyinaran matahari penuh 8 jam. Hasil dari pengambilan data suhu pada percobaan kedua berbeda-beda, hal ini karena suhu lingkungan dan kelembaban udara setiap jam selalu berubah. Pada percobaan kedua dihari pertama rata-rata suhu lingkungan sebesar 29°C, hari kedua suhu lingkungan 31°C %, hari ketiga suhu turun karena terjadi mendung pada tengah hari sehingga rata-rata suhunya menjadi 33°C dan terakhir yakni hari keempat rata-rata suhu lingkungannya sebesar 28°C. Berdasarkan perhitungan perpindahan panas maka jumlah kalor paling tinggi tetap diperoleh oleh perlakuan 4 dengan alas tambahan

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

material seng datar dan besi *hollow*. Untuk lebih jelasnya mengenai jumlah kalor yang dihasilkan tiap perlakuan dapat dilihat pada gambar 4.2



Gambar 4.2 Perbandingan Total Kalor yang Dihasilkan di Setiap Perlakuan Pada Percobaan ke 2

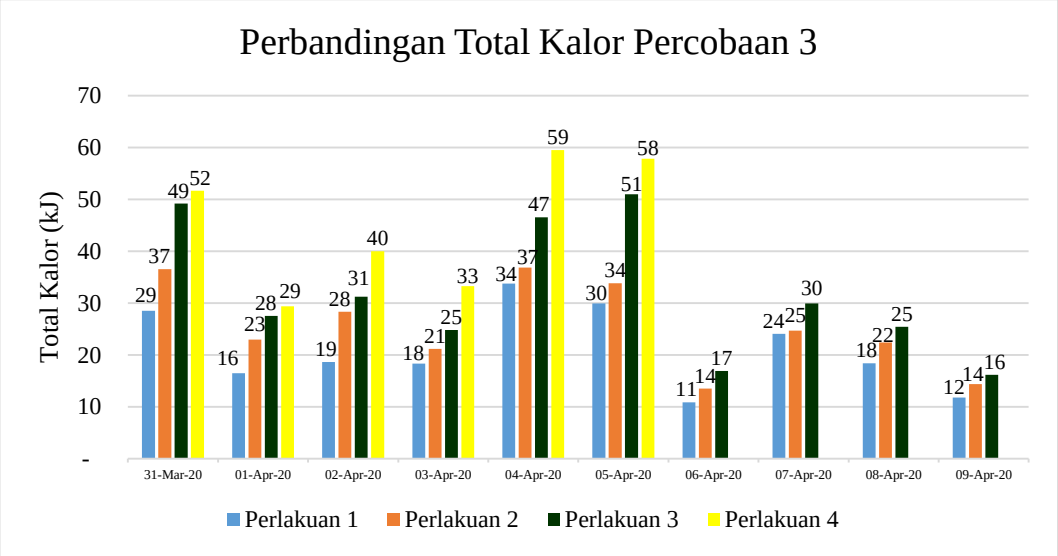
Gambar 4.2 menunjukkan grafik batang yang kumulatif disetiap perlakuan, akan tetapi pada hari ke empat kalor yang dihasilkan disetiap perlakuan menurun karena pada hari ke empat air garam disetiap perlakuan sudah menguap sempurna dan menjadi garam sehingga penyinaran di bawah matahari hanya dilakukan sampai pukul 11.00 WIB. Berdasarkan grafik batang pada gambar 4.2 menujukkan bahwasannya perlakuan 4 menghasilkan kalor yang paling tinggi dengan nilai hari pertama 48 kJ, hari kedua 52 kJ, hari ketiga 60 kJ dan hari keempat 33 kJ. Kalor Pada Percobaan 3 dihari pertama menghasilkan 39 kJ, hari kedua 42 kJ, hari ketiga 49 kJ dan hari keempat 26 kJ. Sedangkan pada perlakuan 2 dihari pertama 30 kJ, hari kedua 37 kJ, hari ketiga 46 kJ dan hari keempat 24 kJ. Dan pada percobaan 1 dihari pertama kalor yang dihasilkan sebesar 25 kJ, dihari kedua 29 kJ, dihari ketiga 34 kJ, hari keeempat sebesar 18 kJ.

4.1.3 Kalor Pada Percobaan 3

Pada percobaan ketiga karakteristik cuaca cenderung tidak mendukung karena pada percobaan ketiga cuacanya sering mendung dan terjadi hujan, hampir setiap hari kecuali pada hari pertama, kelima dan keenam cuaca cenderung panas dan mendung sehingga menyebabkan suhu lingkungan pada percobaan ketiga

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

cukup bervariasi dimana pada hari pertama suhu lingkungan mencapai 32°C, hari kedua hingga hari keempat 28°C, hari kelima 33°C, hari keenam 31°C dan hari ketujuh hingga hari kesepuluh sulu lingkungan 28°C. Hal tersebut berpengaruh terhadap kelembaban udara yang tinggi akibatnya penyerapan suhu oleh absorber disetiap lapisan aquarium percobaan rendah. Akan tetapi walaupun cuaca pada percobaan ketiga tidak mendukung penelitian, pada perlakuan 4 garam sudah dapat dipanen dihari keenam, sedangkan perlakuan lainnya garam dipanen pada hari kesepuluh, cepat lambatnya poses terbentuknya garam bergantung pada kalor yang dihasilkan disetiap perlakuan. Adapun kalor yang dihasilkan pada percobaan ketiga disetiap perlakuan dapat dilihat pada gambar 4.3 berikut ini



Gambar 4.3. Perbandingan Total Kalor yang Dihasilkan di Setiap Perlakuan Pada Percobaan 3

Berdasarkan gambar 4.3 grafik batang kalor menunjukkan *fluktuatif*. Terjadinya hujan yang terus menerus merupakan faktor pemberi dampak negatif terhadap produksi garam, karena curah hujan dan pola hujan distribusinya dalam setahun adalah indikator yang berkaitan erat dengan panjang kemarau yang berpengaruh terhadap daya penguapan air laut (Kartikasari, 2007) Akibatnya proses terbentuknya garam cenderung lebih lambat dibandingkan pada saat kelembaban udara kering. Akan tetapi pada gambar 4.3 di atas perlakuan 4 menghasilkan kalor terakhir pada hari keenam, hal ini karena pada hari keenam garam perlakuan 4 sudah dipanen, hal ini karena kalor yang dihasilkan oleh perlakuan 4 selalu lebih besar, sehingga penguapan air garam lebih cepat sehingga garam didapatkan dalam

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

waktu yang relatif singkat. Grafik batang pada gambar 4.3 menujukkan bahwasannya perlakuan 4 menghasilkan kalor yang paling tinggi dengan nilai hari pertama 52 kJ, hari kedua 29 kJ, hari ketiga 40 kJ, hari keempat 33 kJ, hari kelima 59 kJ dan hari keenam sebesar 58 kJ. Kalor Pada perlakuan 3 dihari pertama menghasilkan 49 kJ, hari kedua 28 kJ, hari ketiga 31 kJ, hari keempat 25 kJ, hari kelima 47 kJ, hari keenam 51 kJ, hari ketujuh 17 kJ, hari kedelapan 30 kJ, hari kesembilan 25 kJ dan hari kesepuluh 16 kJ. Sedangkan pada perlakuan 2 dihari pertama 37 kJ, hari kedua 23 kJ, hari ketiga 28 kJ, hari keempat 21 kJ, hari kelima 37 kJ, hari keenam 34 kJ, hari ketujuh 14 kJ, hari kedelapan 25 kJ, hari kesembilan 22 kJ dan hari kesepuluh 14 kJ. Dan pada percobaan 1 dihari pertama kalor yang dihasilkan sebesar 29 kJ, dihari kedua 16 kJ, dihari ketiga 19 kJ, hari keeempat 18 kJ, dihari kelima sebesar 34 kJ, hari keenam 30 kJ, hari ketujuh 11, hari kedelapan 24 kJ, hari kesembilan 18 kJ dan hari kesepuluh 12 kJ. Tingginya kalor yang dihasilkan pada perlakuan 4 karena kolom udara dari besi *hollow* (luas permukaan) yang digunakan lebih besar dibandingkan besi *hollow* yakni 0,18944 m^2 sendangkan seng gelombang hanya 0,179070 m^2, serta massa besi lebih besar sehingga kapasitas kalor besi besar, sedangkan seng memiliki massa yang lebih ringan dibandingkan besi. Selain itu densitas besi lebih besar dibandingkan seng yakni 7870 kg/m^3 (Lekakh & Hrebec, 2016) dan seng hanya 7140 kg/m^3 (Oke, et al., 2010). Pada dasarnya kemampuan material dalam menghambat panas bergantung pada salah satunya yakni kerapatan massa (*density*) dimana semakin tinggi density maka cenderung menyerap panas lebih lama (Latifah, 2015). Oleh karena itu perlakuan 4 dapat menyimpan kalor lebih lama dibandingkan perlakuan yang lainnya dan proses terbentuknya garam lebih cepat. Kemampuan pada perlakuan 4 dalam menyerap panas lebih lama dapat diketahui pada pengukuran suhu malam hari, dengan kondisi cuaca malam hari cerah tanpa hujan dan pengukuran dilakukan pukul 19.00 – 21.00 WIB dengan suhu lingkungan berturut – turut yakni 29°C, 31°C dan 25°C. Adapun hasil pengambilan data suhu malam hari dapat dilihat pada tabel di bawah ini

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Tabel 4.9. Suhu Pada Malam Hari Pada Perlakuan 1

Suhu Pada Malam Hari Pada Perlakuan 1		
Pukul	Suhu Air	Suhu HDPE
19.00	29	29
20.00	31	30
21.00	25	28

Tabel 4.10. Suhu Pada Malam Hari Pada Perlakuan 2

Suhu Pada Malam Hari Pada Perlakuan 2			
Pukul	Suhu Air	Suhu HDPE	Suhu Seng Datar
19.00	29	30	28
20.00	31	31	29
21.00	25	29	28

Tabel 4.11. Suhu Pada Malam Hari Pada Perlakuan 3

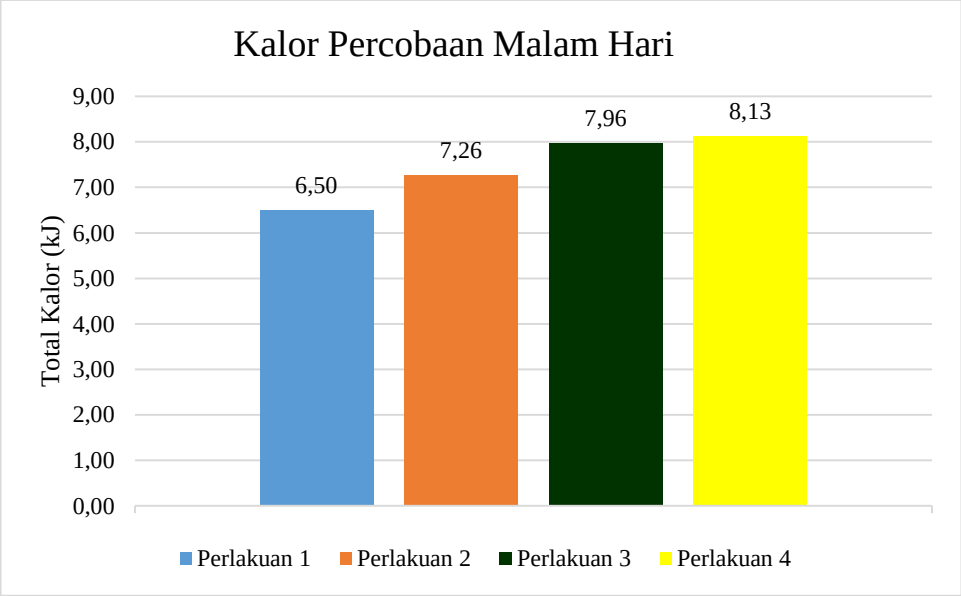
Suhu Pada Malam Hari Pada Perlakuan 3				
Pukul	Suhu Air	Suhu HDPE	Suhu Seng Datar	Suhu Seng Gelombang
19.00	29	32	29	26
20.00	31	32	30	26
21.00	25	31	28	24

Tabel 4.12. Suhu Pada Malam Hari Pada Perlakuan 4

Suhu Pada Malam Hari Pada Perlakuan 4				
Pukul	Suhu Air	Suhu HDPE	Suhu Seng Datar	Suhu Besi *Hollow*
19.00	29	34	32	31
20.00	31	34	33	31
21.00	25	32	30	29

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Pada tabel di atas, menunjukkan bahwa suhu pada perlakuan 4 menunjukkan paling tinggi dibandingkan perlakuan lainnya sehingga setelah dilakukan olah data dengan menggunakan rumus perpindahan kalor, maka kalor yang dihasilkan disetiap perlakuan dapat pada gambar 4.4



Gambar4.4. Perbandingan Jumlah Kalor Malam Hari Percobaan ke 3

Gambar 4.4 di atas merupakan perolehan kalor pada malam hari selama 3 jam pengukuran, hasilnya menunjukkan bahwa perlakuan 4 menghasilkan kalor paling besar di antara perlakuan lainnya, jika dibandingkan dengan perlakuan ke 3 maka selisish kalor hanya 0,17 kJ lebih besar perlakuan 4, dimana perlakuan 4 sebesar 8,13 kJ, perlakuan 3 sebesar 7,96 kJ sedangkan perlakuan ke 2 hanya 7,26 kJ dan perlakuan 1 sebesar 6,50 kJ.

4.2 Laju Evaporasi

Pada dasarnya penguapan air laut merupakan proses perpindahan panas dan massa yang terjadi secara simultan. Perpindahan panas akibat suhu bahan lebih rendah dari suhu sekitarnya sehingga panas yang diterima akan menaikkan suhu bahan dan mengakibatkan tekananan uap air dalam bahan lebih tinggi dibandingkan tekanan udara. Perpindahan uap air dari bahan ke udara disebut perpindahan massa. Setelah tekanan uap air pada permukaan bahan menurun terjadi peningkatan suhu sehingga seluruh bagian bahan terjadi pergerakan air secara difusi dari bahan menuju kepermukaannya, proses penguapan permukaan bahan tersebut akan terjadi

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

secara berulang-ulang hingga akhirnya air bahan berkurang, hingga akhirnya tekanan air bahan menurun dan terjadi keseimbangan dengan udara disekitarnya. Djoko Wilarso dan Wahyuningsih (1995) *dalam* Gustiawati (2016) menambahkan bahwa lamanya proses penguapan bergantung pada bahan yang diuapkan dan cara panas yang digunakan. Proses terbentuknya garam bergantung pada durasi penyinaran radiasi matahari, angin, curah hujan, suhu, kelembaban dan bantuan rekayasa iklim mikro pada area penggaraman (Kumala, 2012). Pada dasarnya bantuan perekayasaan iklim mikro dilakukan dengan alasan karena pemanasan global mengakibatkan berbagai anomali iklim yang berpengaruh pada iklim mikro, sehingga penerapan perekayasaan iklim mikro diharapkan dapat meminimalisir anomali iklim (Soesanto, 2008). Penelitian ini menerapkan sebuah inovasi dengan menambahkan material logam sebagai alas guna mendapatkan perekayaasaan iklim mikro di bawah alas *geomembran* HDPE sehingga apabila suhu udara turun maka masih tetap terdapat sumber panas yang membantu proses laju evaporasi garam. Selain itu terbentuknya garam akibat adanya temperatur tinggi dan lamanya durasi penyinaran matahari terhadap bahan sehingga mengakibatkan laju penguapan tinggi (Wirasantosa, 2005).

Hasil dari uji lapangan menunjukkan bahwa setiap perlakuan menghasilkan jumlah kalor yang berbeda – beda, dari tiga kali percobaan perlakuan 4 selalu menghasilkan kalor paling tinggi dibandingkan perlakuan lainnya, oleh karena itu perlakuan 4 mengalami proses laju evaporasi air laut lebih cepat dan terbentuknya garam tidak membutuhkan waktu lama. Tyas & Wirosoedarmo, (2014) menambahkan bahwasannya peningkatan suhu berbanding lurus dengan kalor dan penguapan. Akan tetapi apabila terjadi mendung ataupun hujan maka mengakibatkan radiasi matahari akan tertutupi oleh awan dan suhu lingkungan turun kemudian kelembaban udara akan meningkat sehingga air laut akan sukar menguap (Basmal & Nasran, 2000). Proses penguapan air laut akan mengakibatkan air laut menjadi lebih pekat sehingga memudahkan pembentukan inti kristal garam. Proses kristalisasi dilakukan melalui 3 tahapan yakni pertama pencapaian kondisi super atau lewat jenuh (*supersaturation*), kedua pembentukan inti kristal (*nucleation*) dan ketiga pertumbuna inti kristal menjadi kristal (*crystal growth*). Kondisi lewat jenuh merupakan kondisi dimana konsentrasi larutan berada di atas

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

harga kelarutannya. Kondisi lewat jenuh dapat dicapai dengan penguapan, sedangkan pembentukan inti kristal terjadi setelah kondisi super atau lewat jenuh (*supersaturation)* tercapai (Paryanto, 2001 dalam (Gustiawati, 2016)

Proses evaporasi air laut diuapkan hingga berkurang 75% dari volume awalnya, jumlah tersebut diperoleh berdasarkan keadaan lapangan pada proses produksi garam dengan menggunakan beberapa kolam peminihan dimana dikolam pertama air laut akan diuapkan 60% hingga terbentuk $CaCO_3$ kemudian dipindahkan pada kolam berikutnya hingga air laut akan berkurang 15% dari kolam sebelumnya hingga membentuk $CaSO_4$ (Hadi & Ahied, 2017). Proses evaporasi air laut akan membentuk garam berbeda-beda sesuai dengan densitas air tua pada saat itu, berdasarkan densitas air laut yang diuapkan maka pada fase pertama terjadi pengendapan $CaCO_3$ pada densitas 3°Be hingga 13°Be, kemudian fase kedua $CaSO_4.2H_2O$ yang mengendap pada konsentrasi 13°Be sampai 16,4°Be dan pada 16,4°Be hingga 25,6°Be terbentuk $CaSO_4$ selanjutnya fase ketiga pembentukan kristal NaCl yang dapat terbentuk pada konsentrasi 25,6°Be hingga 30°Be (Korovessis & Lekkas, 2009), fase yang terakhir pada saat densitas lebih dari 30°Be maka yang tersisa yakni *bittern* mengandung $MgCl_2$, $NaSO_4$ dan senyawa lainnya (Bramawanto, 2017). Pada umumnya yang dilakukan dilapangan untuk meminimalisir terbentuknya garam selain NaCl maka dilakukan peminihan beberapa kali dan proses pencucian, akan tetapi pada penelitian ini hanya dilakukan dalam satu wadah sehingga garam yang terbentuk mengandung beberapa campuran selain NaCl yakni zat yang tidak diinginkan ikut terbawa (*impurities*) dalam kristalisasi air laut, oleh karena itu penelitian ini disebut dengan kristalisasi total. Berdasarkan uji lapangan yang sudah dilakukan maka cepat lambatnya laju evaporasi bergantung pada kalor yang didapatkan. Pada pengukuran laju evaporasi dilakukan dengan cara mengukur ketinggian air bahan dengan menggunakan penggaris matrik setiap pukul 12.00 WIB setelah dilakukan penggarukan pukul 11.00 WIB. Proses penggarukan dilakukan setiap hari satu kali pada pukul 11.00 WIB. Astuti, et al., (2016) menjelaskan lebih lanjut bahwa proses penggarukan dapat menimbulkan pergerakan molekul air yang sejajar dengan menghilangkan kandungan air sehingga pada saat molekul air diam dengan adanya penggarukan akan mempunyai energi yang cukup untuk melepaskan ikatan molekul air dan

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

akhirnya menguap (Tyas & Wirosoedarmo, 2014), Gustiawati (2016) menambahkan bahwa dengan adanya penggarukan akan terjadi pergerakan air secara difusi dari bahan menuju permukaannya, proses penguapan pada permukaan bahan tersebut akan terjadi secara berulang-ulang hingga akhirnya air bahan berkurang dan akhirnya proses kristalisasi garam terjadi semakin cepat, selain itu penggarukan digunakan agar ukuran garam yang dihasilkan memiliki bentuk seragam dan dapat menghindari penggumpalan antara kristal garam satu dengan yang lainnya (Wiraningtyas, et al., 2019). Berdasarkan hasil olah data penguapan air garam, maka nilai laju evaporasi disetiap percobaan akan dibahas pada sub bab berikut ini

4.2.1 Laju Evaporasi Pada Percobaan 1

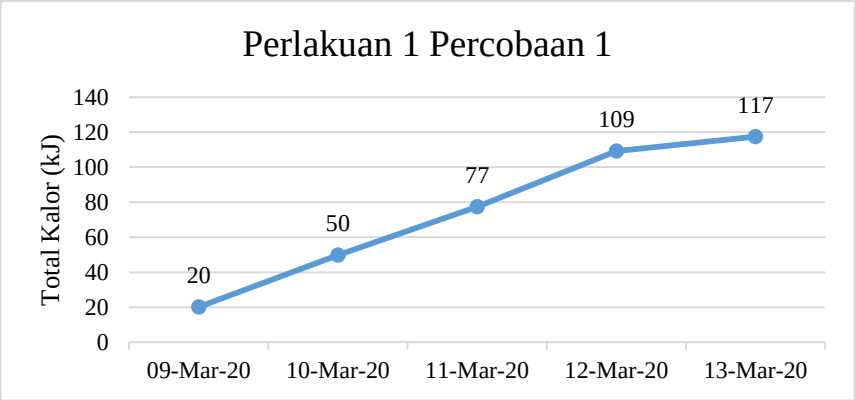
Laju evaporasi pada percobaan pertama disetiap perlakuan mengalami ciri-ciri gejala klinis diwaktu yang berbeda-beda hingga akhirnya terbentuk garam kering, hal ini dapat terjadi karena kalor yang dihasilkan disetiap harinya berbeda. Pada percobaan pertama cuaca panas, tetapi terkadang mendung bahkan hujan terjadi dua kali diwaktu sore hari, akan tetapi dengan cuaca tersebut tidak begitu berpengaruh terhadap laju evaporasi garam karena setiap aquarium masih mendapatkan penyinaran radiasi matahari yang cukup panjang sehingga proses terbentuknya garam tidak begitu lama. Kecepatan angin pada percobaan pertama berkisar 16,67 km/jam berdasarkan *AccuWeather* yang telah dirata-rata. Nilai tersebut cukup rendah jika dibandingkan dengan kecepatan angin menurut Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) sekitar 15 knot atau 24 km/jam. Berdasarkan cuaca dan kalor yang dihasilkan pada percobaan pertama maka laju evaporasi dapat dilihat pada sub-sub bab berikut ini

4.2.1.1 Laju Evaporasi Perlakuan 1

Pada perhitungan kalor sebelumnya menunjukkan bahwa kalor yang dihasilkan oleh perlakuan 1 merupakan kalor terendah di antara perlakuan yang lainnya, hal ini karena sumber panas untuk menghasilkan nilai kalor pada perlakuan 1 hanya berasal dari radiasi matahari yang diserap langsung oleh *geomembran* HDPE, sehingga laju evaporasi pada perlakuan pertama paling lama di antara perlakuan yang lainnya. Proses penguapan air laut erat kaitannya dengan kalor yang

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

dihasilkan pada saat percobaan dilakukan, untuk mengetahui hubungan keduanya maka hasil kalor yang dihasilkan oleh perlakuan 1 pada percobaan pertama dikumulatifkan hingga diperoleh nilai seperti gambar 4.5 berikut ini



Gambar 4.5. Kalor Kumulatif Pada Perlakuan 1 Percobaan 1

Hasil dari pengambilan data kedalaman selanjutnya dilakukan perhitungan laju evaporasi dengan menggunakan persamaan 12. m_w adalah volume air yang terevaporasi yang didapat dari perkalian antara luas permukaan akuarium (2252.25 cm^2) dan selisih kedalaman air dari pengamatan saat ini dikurangi dengan pengamatan sebelumnya. Adapun t adalah selisih waktu antara pengamatan saat ini dikurangi dengan pengamatan sebelumnya. Sehingga hasil dari laju evaporasi air garam pada perlakuan 1 dapat dilihat pada tabel 4.13 di bawah ini.

Tabel 4.13. Laju Evaporasi Air Garam pada Perlakuan 1 Percobaan 1

Tanggal	**Kedalaman (cm)**	**Jam Pengamatan**	**m_w (cm^3)**	**t (jam)**	**Laju Evaporasi (ml/Jam)**
9 Maret 2020	1.5	8:00	0	0	-
9 Maret 2020	1.3	12:00	450.45	4	112.613
10 Maret 2020	1,1	12:00	450,45	24	18,769
11 Maret 2020	0.8	12:00	675,675	24	28,153
12 Maret 2020	0.5	12:00	675,675	24	28,153
13 Maret 2020	0,2	10:30	675,675	20	33,784

Berdasarkan gambar 4.5 dan tabel 4.13 menunjukkan bahwa dihari pertama cuaca yang cenderung panas dipagi hingga siang hari dan hujan pada sore hari, pada hari ini perlakuan 1 kalor yang didapatkan sebesar 20 kJ dan menghasilkan nilai laju

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

evaporasi sebesar 112,613 ml/jam dalam waktu 4 jam setelah air laut dimasukkan pada pukul 08.00 WIB sebanyak 1,5 liter. Pada hari kedua dengan cuaca panas dan durasi penyinaran matahari 8 jam penuh maka nilai kalor kumulatifnya sebesar 50 kJ dan setelah 24 jam dari hari pertama maka nilai laju evaporasi dihari kedua sebesar 18,769 ml/jam. Pada hari ketiga hujan terjadi pada pukul 16.00 WIB sehingga durasi penyinaran matahari hanya selama 7 jam, dihari ketiga dihasilkan kalor kumulatif sebesar 77 kJ dengan nilai laju evaporasinya sebesar 28,153 ml/jam. Hari keempat cuaca panas dengan durasi penyinaran aquarium percobaan di bawah radiasi matahari selama 8 jam, kalor kumulatif dihasilkan sebesar 109 kJ dan nilai laju evaporasinya 28,153 ml/jam. Dihari kelima pengukuran laju evaporasi dilakukan pada pukul 08.00 WIB karena air garam dalam aquarium menunjukkan kedalaman 0,2 cm, dengan kalor kumulatif sebesar 117 kJ maka diperoleh laju evaporasi sebesar 33,784 ml/jam. Pada pukul 08.45 air garam sudah menguap sempurna dan pada pukul 10.30 garam kering siap untuk dipanen. Adapun gejala klinis yang diamati selama percobaan 1 pada perlakuan 1 dapat dilihat pada tabel 4.14 sebagai berikut

Tabel 4.14. Data Pengamatan Proses Evaporasi Air Garam Pada Perlakuan 1 Percobaan ke-1

Tanggal	Keterangan (Jam pengamatan dan kondisi air garam / garam)
9 Maret 2020	08.00 (*initial depth* air garam)
9 Maret 2020	08.00 salinitas 31‰ 10.00 masih berupa air garam, mulai muncul gelembung udara 11.00 salinitas 44‰ 12.00 masih berupa air garam ketinggian 1,3 cm, terdapat gelembung udara 15.00 – 16.00 Hujan (menutup aquarium percobaan)
10 Maret 2020	08.00 salinitas 60‰ 10.00 masih berupa air garam, gelembung udara hampir seluruh bagian pinggiran permukaan

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Tanggal	Keterangan (Jam pengamatan dan kondisi air garam / garam)
	11.00 salinitas 75‰ 12.00 masih berupa air garam ketinggian 1 cm 14.00 salinitas 95‰
11 Maret 2020	08.00 salinitas di atas 100‰ 12.00 masih berupa air garam ketinggian 0,8 cm 16.00 Hujan (menutup aquarium percobaan)
12 Maret 2020	12.00 masih berupa air garam ketinggian 0,5 cm
13 Maret 2020	08.00 masih berupa air garam ketinggian 0,2 cm 08.45 air garam menguap sempurna 09.30 air garam mengkristal 10.00 garam basah dan ¼ bagian garam mengering dan memutih 10.30 garam kering, siap panen
Total Garam yang dihasilkan pada Perlakuan 1 Percobaan ke-1 = 46 gram	

Berdasarkan tabel 4.14 menunjukkan perubahan gejala klinis yang berbeda-beda, dihari pertama pukul 10.00 WIB menunjukkan bahwasannya pada permukaan air garam muncul gelembung udara, dan dihari kedua pada pukul 10.00 WIB gelembung udara menunjukkan semakin banyak hingga pada hari ketiga pukul 10.00 WIB gelembung udara hampir menutupi ½ bagian permukaan air, terbentuknya gelembung tersebut akibat suhu udara yang tinggi dan radiasi penyinaran matahari yang terus-menerus sehingga suhu air menjadi naik, Menurut Effendy tahun 2012 *dalam* Firmansyah (2018) menjelaskan lebih lanjut bahwasannya semua molekul air akan mempunyai energi cukup untuk meninggalkan cairannya pada saat mendidih, hal ini karena apabila suhu air meningkat maka ikatan hidrogen akan putus dan terbentuk lagi secara cepat pada saat air dipanaskan dengan suhu yang lebih tinggi, beberapa molekul air akan melarikan diri kepermukaan dan jika sudah mencapai titik didihnya akan terbentuk gelembung-gelembung udara yang lebih banyak dan bersifat kontinu. Pada hari

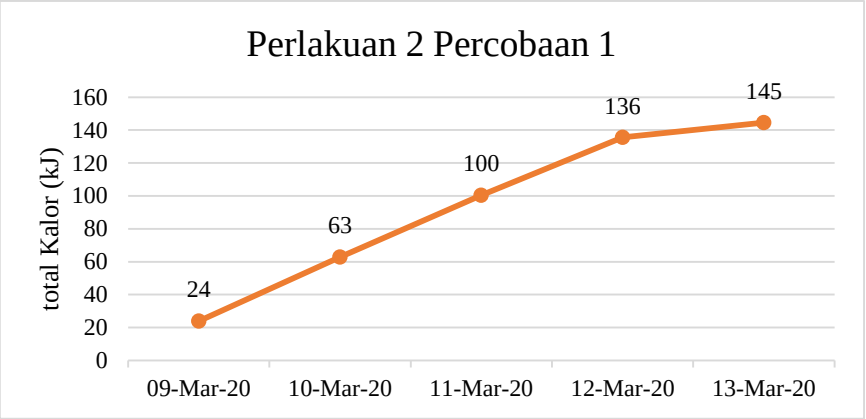
digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

keempat gelembung udara tidak terbentuk lagi karena air garam sudah pekat dengan kandungan salinitasnya di atas 100‰. Dihari kelima air garam sudah menguap hingga akhirnya terjadi proses kristalisasi menjadi garam basah. Menurut Johnson tahun 1998 proses penguapan menggunakan air laut akan membentuk gelembung udara pada saat menguap kemudian air laut akan mengkristal yang selanjutnya akan membentuk garam basah (Firmansyah, 2018). Ketika air garam masih banyak mengandung air maka air garam akan terus mengalami penguapan hingga kandungan air dalam air garam habis, semakin lama penyinaran air garam di bawah radiasi matahari mengakibatkan air laut akan semakin pekat. Tabel 4.14 menjelaskan perubahan salinitas air garam. Meningkatnya nilai salinitas karena temperatur yang tinggi, temperatur tersebut dipengaruhi oleh penguapan yang tinggi dan lokasi (daerah ekuator) sehingga mendapatkan penyinaran matahari yang cukup dan terus-menerus, yang selanjutnya dapat membawa massa air bersuhu tinggi (Juniarti, et al., 2017) hingga terjadi penguapan air dan akhirnya air garam semakin pekat kemudian terjadi proses kritalisasi garam. Kristalisasi garam dapat terbentuk akibat adanya air laut yang diuapkan hingga menjadi air tua (Sulistyaningsih, et al., 2010), untuk mengkristalkan garam NaCl air tua harus memiliki kadar 25°Be (Korovessis & Lekkas, 2009) sehingga ketika air laut menjadi pekat maka inti kristal garam akan terbentuk. Berdasarkan hasil pengolahan data kalor dan laju evaporasi yang dihubungkan dengan pengamatan gejala klinisnya maka perlakuan 1 pada percobaan pertama, garam dapat terbentuk pada hari ke lima pukul 10.30 WIB, dimana dalam 1,5 liter air laut membutuhkan kalor sebanyak 117 kJ untuk menghasilkan garam sebanyak 46 gram / 2252.25 cm^2.

4.2.1.2 Laju Evaporasi Perlakuan 2

Laju evaporasi perlakuan 2 lebih cepat setengah jam dibandingkan perlakuan 1, karena kalor yang dihasilkan oleh perlakuan 2 lebih besar dibandingkan perlakuan 1. Untuk mengetahui hubungan jumlah kalor yang dihasilkan oleh perlakuan 2 dengan laju evaporasi pada perlakuan 2 dapat dilihat pada gambar dan gambar 4.6 dan tabel 4.15 berikut ini

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id



Gambar 4.6. Kalor Kumulatif Pada Perlakuan 2 Percobaan 1

Hasil dari pengambilan data kedalaman selanjutnya dilakukan perhitungan laju evaporasi dengan menggunakan persamaan 12. m_w adalah volume air yang terevaporasi yang didapat dari perkalian antara luas permukaan akuarium (2252.25 cm^2) dan selisih kedalaman air dari pengamatan saat ini dikurangi dengan pengamatan sebelumnya. Adapun t adalah selisih waktu antara pengamatan saat ini dikurangi dengan pengamatan sebelumnya. Sehingga hasil dari laju evaporasi air garam pada perlakuan 2 di percobaan pertama dapat dilihat pada tabel 4.15 di bawah

Tabel 4.15. Laju Evaporasi Air Garam pada Perlakuan 2 Percobaan 1

Tanggal	**Kedalaman (cm)**	**Jam Pengamatan**	**m_w (cm^3)**	**t (jam)**	**Laju Evaporasi (ml/Jam)**
9 Maret 2020	1.5	8:00	0	0	-
9 Maret 2020	1,2	12:00	675,675	4	168,919
10 Maret 2020	1	12:00	450.45	24	18.769
11 Maret 2020	0,72	12:00	630,63	24	26,276
12 Maret 2020	0.4	12:00	720,72	24	30,030
13 Maret 2020	0	10:00	900,9	20	45,045

Gambar 4.6 dan tabel 4.15 menunjukkan bahwa dihari pertama cuaca yang cenderung panas dipagi hingga siang hari dan hujan pada sore hari, pada hari ini perlakuan 1 kalor yang didapatkan sebesar 24 kJ dan menghasilkan nilai laju evaporasi sebesar 168,919 ml/jam dalam waktu 4 jam setelah air laut dimasukkan pada pukul 08.00 WIB sebanyak 1,5 liter. Pada hari kedua dengan cuaca panas dan durasi penyinaran matahari 8 jam penuh maka nilai kalor kumulatifnya sebesar 63

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

kJ dan setelah 24 jam dari hari pertama maka nilai laju evaporasi dihari kedua sebesar 18,769 ml/jam. Pada hari ketiga hujan terjadi pada pukul 16.00 WIB sehingga durasi penyinaran matahari hanya selama 7 jam, dihari ketiga dihasilkan kalor kumulatif sebesar 100 kJ dengan nilai laju evaporasinya sebesar 26,276 ml/jam. Hari keempat cuaca panas dengan durasi penyinaran aquarium percobaan di bawah radiasi matahari selama 8 jam, kalor kumulatif dihasilkan sebesar 136 kJ dan nilai laju evaporasinya 30,030 ml/jam. Dihari kelima pengukuran laju evaporasi dilakukan pada pukul 08.00 WIB karena air garam dalam aquarium sudah menguap sempurna, dengan kalor kumulatif sebesar 145 kJ maka diperoleh laju evaporasi sebesar 45,045 ml/jam. Pada pukul 08.45 air garam sudah menguap sempurna dan pada pukul 10.00 garam kering siap untuk dipanen. Adapun gejala klinis yang diamati selama percobaan 1 pada perlakuan 2 dapat dilihat pada tabel 4.16 sebagai berikut

Tabel 4.16. Data Pengamatan Proses Evaporasi Air Garam Pada Perlakuan 2 Percobaan ke-1

Tanggal	Keterangan (Jam pengamatan dan kondisi air garam / garam)
9 Maret 2020	08.00 (*initial depth* air garam)
9 Maret 2020	08.00 salinitas 31‰ 10.00 masih berupa air garam, muncul gelembung udara bagian pinggiran permukaan 11.00 salinitas 51‰ 12.00 masih berupa air garam ketinggian 1,2 cm 15.00 – 16.00 Hujan (menutup aquarium percobaan)
10 Maret 2020	08.00 salinitas 75‰ 10.00 masih berupa air garam, gelembung udara hampir seluruh bagian pinggiran permukaan 11.00 salinitas 94‰ 12.00 masih berupa air garam ketinggian 1 cm 14.00 salinitas di atas 100‰
11 Maret 2020	12.00 masih berupa air garam ketinggian 0,72 cm 16.00 Hujan (menutup aquarium percobaan)

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

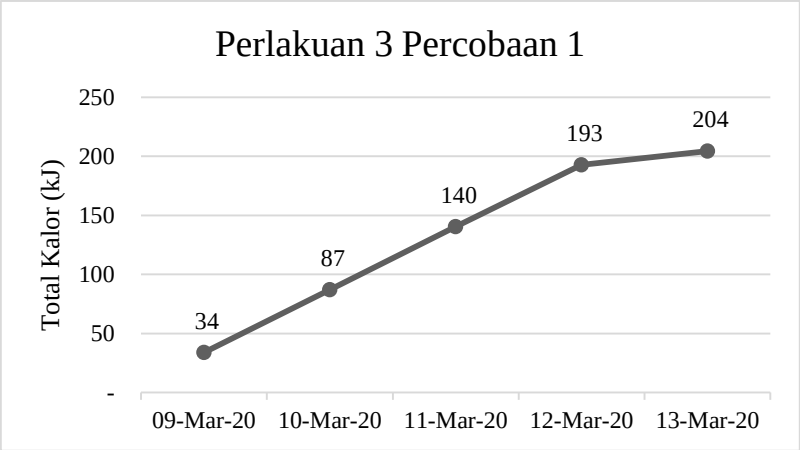
Tanggal	Keterangan (Jam pengamatan dan kondisi air garam / garam)
12 Maret 2020	12.00 masih berupa air garam ketinggian 0,4 cm 16.00 air garam hampir menguap sempurna
13 Maret 2020	08.00 air garam menguap sempurna 09.00 air garam mulai mengkristal dan ¼ bagian membentuk garam basah 09.30 ½ bagian garam mengering dan memutih 10.00 garam kering, siap panen
Total Garam yang dihasilkan pada Perlakuan 2 Percobaan ke-1 = 47 gram	

Pada perlakuan 2 kalor yang dihasilkan lebih besar dibandingkan perlakuan 1 sehingga salinitas akan semakin cepat meningkat, jika semakin tinggi nilai salinitasnya maka laju evaporasi semakin cepat (Sartono, et al., 2013). Berdasarkan hasil pengolahan data kalor dan laju evaporasi yang dihubungkan dengan pengamatan gejala klinisnya maka perlakuan 2 dapat membentuk garam pada hari ke lima pukul 10.00 WIB, dimana dalam 1,5 liter air laut membutuhkan kalor sebanyak 145 kJ untuk menghasilkan garam sebanyak 47 gram / 2252.25 cm^2.

4.2.1.3 Laju Evaporasi Perlakuan 3

Pada perlakuan 3 dengan adanya tambahan material 2 lapis berupa seng datar dan seng gelombang mampu meningkatkan nilai kalor jauh lebih besar dibandingkan perlakuan 1 dan perlakuan 2, dengan nilai kalor yang besar maka laju penguapan lebih cepat 1 hari dibandingkan perlakuan 1, dimana pada hari keempat pukul 16.00 WIB air laut sudah menguap semuanya, akan tetapi garam menjadi kering pada hari kelima pukul 10.00 WIB. Untuk mengetahui hubungan antara kalor yang dihasilkan oleh perlakuan 3 yang sudah dikumulatifkan dengan laju evaporasinya maka dapat dilihat pada gambar 4.7 dan tabel 4.17 berikut ini

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id



Gambar 4.7. Kalor Kumulatif Pada Perlakuan 3 Percobaan 1

Hasil dari pengambilan data kedalama selanjutnya dilakukan perhitungan laju evaporasi dengan menggunakan persamaan 12. m_w adalah volume air yang terevaporasi yang didapat dari perkalian antara luas permukaan akuarium (2252.25 cm^2) dan selisih kedalaman air dari pengamatan saat ini dikurangi dengan pengamatan sebelumnya. Adapun t adalah selisih waktu antara pengamatan saat ini dikurangi dengan pengamatan sebelumnya. Sehingga hasil dari laju evaporasi air garam pada perlakuan 3 di percobaan pertama dapat dilihat pada tabel 4.17 di bawah

Tabel 4.17. Laju Evaporasi Air Garam pada Perlakuan 3 Percobaan 1

Tanggal	**Kedalaman (cm)**	**Jam Pengamatan**	**m_w (cm^3)**	**t (jam)**	**Laju Evaporasi (ml/Jam)**
9 Maret 2020	1.5	8:00	0	0	-
9 Maret 2020	1,1	12:00	900,9	4	225,225
10 Maret 2020	0.8	12:00	675,675	24	28.153
11 Maret 2020	0.5	12:00	675,675	24	28,153
12 Maret 2020	0.01	12:00	1103,6025	24	45,983
13 Maret 2020	0	08:00	22,5225	20	1,126

Gambar 4.7 dan tabel 4.17 menunjukkan bahwa dihari pertama cuaca yang cenderung panas dipagi hingga siang hari dan hujan pada sore hari, pada hari ini perlakuan 3 kalor yang didapatkan sebesar 34 kJ dan menghasilkan nilai laju evaporasi sebesar 225,225 ml/jam dalam waktu 4 jam setelah air laut dimasukkan pada pukul 08.00 WIB sebanyak 1,5 liter. Pada hari kedua dengan cuaca panas dan

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

durasi penyinaran matahari 8 jam penuh maka nilai kalor kumulatifnya sebesar 87 kJ dan setelah 24 jam dari hari pertama maka nilai laju evaporasi dihari kedua sebesar 28,153 ml/jam. Pada hari ketiga hujan terjadi pada pukul 16.00 WIB sehingga durasi penyinaran matahari hanya selama 7 jam, dihari ketiga dihasilkan kalor kumulatif sebesar 140 kJ dengan nilai laju evaporasinya sebesar 28,153 ml/jam. Hari keempat cuaca panas dengan durasi penyinaran aquarium percobaan di bawah radiasi matahari selama 8 jam, kalor kumulatif dihasilkan sebesar 193 kJ dan nilai laju evaporasinya 45,983 ml/jam. Dihari kelima pengukuran laju evaporasi dilakukan pada pukul 08.00 WIB karena air garam dalam aquarium sudah menjadi garam basah, dengan kalor kumulatif sebesar 204 kJ maka diperoleh laju evaporasi sebesar 1,126 ml/jam. Pada pukul 13.00 hari keempat air garam sudah menguap sempurna dan pada hari kelima pukul 09.00 garam kering siap untuk dipanen. Adapun gejala klinis yang diamati selama percobaan 1 pada perlakuan 3 dapat dilihat pada tabel 4.18 sebagai berikut

Tabel 4.18. Data Pengamatan Proses Evaporasi Air Garam Pada Perlakuan 3 Percobaan ke-1

Tanggal	Keterangan (Jam pengamatan dan kondisi air garam / garam)
9 Maret 2020	08.00 (*initial depth* air garam)
9 Maret 2020	08.00 salinitas 31‰ 10.00 masih berupa air garam, gelembung udara sedikit dibagian pinggiran dan dibagian tengah permukaan 11.00 salinitas 65‰ 12.00 masih berupa air garam ketinggian 1,1 cm, gelembung gas hampir seluruh bagian pinggiran permukaan 15.00 – 16.00 Hujan (menutup aquarium percobaan)
10 Maret 2020	08.00 salinitas 80‰ 11.00 salinitas di atas 100‰ 12.00 masih berupa air garam ketinggian 0,8 cm
11 Maret 2020	12.00 masih berupa air garam ketinggian 0,5 cm 16.00 Hujan (menutup aquarium percobaan)
12 Maret 2020	12.00 masih berupa air garam ketinggian 0,01 cm

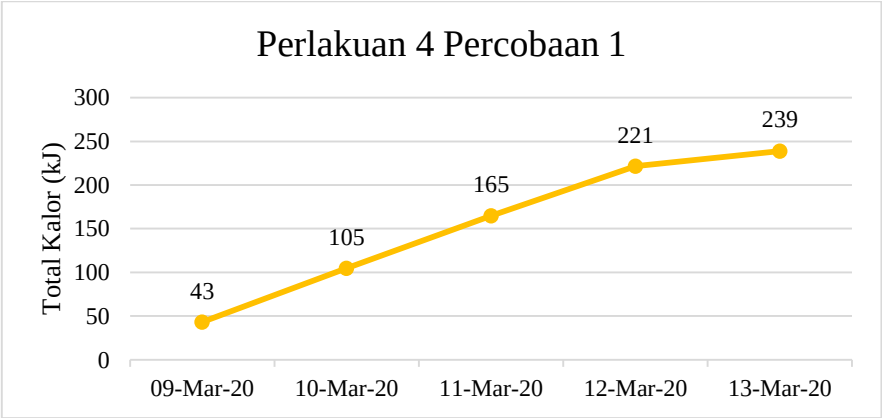
digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Tanggal	Keterangan (Jam pengamatan dan kondisi air garam / garam)
	13.00 air garam menguap sempurna 14.00 air garam mulai mengkristal 16.00 garam basah
13 Maret 2020	08.00 garam basah 08.30 ¼ bagian garam mengering dan memutih 09.00 garam kering, siap panen
Total Garam yang dihasilkan pada Perlakuan 3 Percobaan ke-1 = 47 gram	

Berdasarkan hasil pengolahan data kalor dan laju evaporasi yang dihubungkan dengan pengamatan gejala klinisnya maka perlakuan 3 menghasilkan garam yang sudah kering pada hari ke lima pukul 09.00 WIB, dimana dalam 1,5 liter air laut membutuhkan kalor sebanyak 204 kJ untuk menghasilkan garam sebanyak 47 gram / 2252.25 cm^2.

4.2.1.4 Laju Evaporasi Perlakuan 4

Laju evaporasi berbanding lurus dengan kalor, hal ini terlihat pada perlakuan 4 dimana nilai kalor yang dihasilkan sangat tinggi sehingga laju evaporasi terjadi sangat cepat. Pada perlakuan 4 air laut sudah menguap pada hari ketiga pukul 11.00 WIB dan garam sudah sangat kering pada hari keempat pukul 09.30 WIB. Akan tetapi garam baru dipanen pada hari kelima untuk menghindari *case hardening* pada garam.



Gambar 4.8. Kalor Kumulatif Pada Perlakuan 4 Percobaan 1

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Hasil dari pengambilan data kedalama selanjutnya dilakukan perhitungan laju evaporasi dengan menggunakan persamaan 12. m_w adalah volume air yang terevaporasi yang didapat dari perkalian antara luas permukaan akuarium (2252.25 cm^2) dan selisih kedalaman air dari pengamatan saat ini dikurangi dengan pengamatan sebelumnya. Adapun t adalah selisih waktu antara pengamatan saat ini dikurangi dengan pengamatan sebelumnya. Sehingga hasil dari laju evaporasi air garam pada perlakuan 4 di percobaan pertama dapat dilihat pada tabel 4.19 di bawah

Tabel 4.19. Laju Evaporasi Air Garam pada Perlakuan 4 Percobaan 1

Tanggal	Kedalaman (cm)	Jam Pengamatan	m_w (cm^3)	t (jam)	Laju Evaporasi (ml/Jam)
9 Maret 2020	1.5	8:00	0	0	-
9 Maret 2020	0.9	12:00	1351.35	4	337.838
10 Maret 2020	0.4	12:00	900,9	24	37,538
11 Maret 2020	0	12:00	1126,125	24	46,922
12 Maret 2020	0	12:00	0	24	0,000
13 Maret 2020	0	8:00	0	21	0,000

Gambar 4.8 dan tabel 4.19 menunjukkan bahwa dihari pertama cuaca yang cenderung panas dipagi hingga siang hari dan hujan pada sore hari, pada hari ini perlakuan 4 kalor yang didapatkan sebesar 43 kJ dan menghasilkan nilai laju evaporasi sebesar 337,873 ml/jam dalam waktu 4 jam setelah air laut dimasukkan pada pukul 08.00 WIB sebanyak 1,5 liter. Pada hari kedua dengan cuaca panas dan durasi penyinaran matahari 8 jam penuh maka nilai kalor kumulatifnya sebesar 105 kJ dan setelah 24 jam dari hari pertama maka nilai laju evaporasi dihari kedua sebesar 37,538 ml/jam. Pada hari ketiga hujan terjadi pada pukul 16.00 WIB sehingga durasi penyinaran matahari hanya selama 7 jam, dihari ketiga dihasilkan kalor kumulatif sebesar 165 kJ dengan nilai laju evaporasinya sebesar 46,922ml/jam, dihari ketiga air garam pada pukul 15.00 air garam sudah menguap sempurna. Hari keempat cuaca panas dengan durasi penyinaran aquarium percobaan di bawah radiasi matahari selama 8 jam, kalor kumulatif dihasilkan sebesar 221 kJ garam sudah kering pada pukul 09.30. Pada hari kelima kalor kumulatifnya sebesar 239 kJ dan garam sudah sangat kering. Adapun gejala klinis

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

yang diamati selama percobaan 1 pada perlakuan 3 dapat dilihat pada tabel 4.20 sebagai berikut

Tabel 4.20. Data Pengamatan Proses Evaporasi Air Garam Pada Perlakuan 4 Percobaan ke-1

Tanggal	Keterangan (Jam pengamatan dan kondisi air garam / garam)
9 Maret 2020	08.00 (*initial depth* air garam)
9 Maret 2020	08.00 salinitas 31‰ 10.00 masih berupa air garam, gelembung gas hampir seluruh bagian pinggiran permukaan dan ditengah permukaan sedikit 11.00 salinitas 70‰ 12.00 masih berupa air garam ketinggian 0,9 cm 15.00 – 16.00 Hujan (menutup aquarium percobaan)
10 Maret 2020	08.00 salinitas 84‰ 11.00 salinitas 100‰ 12.00 masih berupa air garam ketinggian 0,5 cm 15.00 air garam hampir menguap sempurna
11 Maret 2020	12.00 air garam menguap sempurna 13..30 air garam mengkristal 15.00 garam basah dan ¼ bagian garam mengering 16.00 Hujan (menutup aquarium percobaan)
12 Maret 2020	08.00 garam basah 08.30 ¼ garam mengering dan memutih 09.30 garam kering
13 Maret 2020	08.00 garam kering, siap panen
Total Garam yang dihasilkan pada Perlakuan 4 Percobaan ke-1 = 47 gram	

Berdasarkan hasil pengolahan data kalor dan laju evaporasi yang dihubungkan dengan pengamatan gejala klinisnya maka perlakuan 4 membentuk garam pada hari ke empat pukul 09.30 WIB, dimana dalam 1,5 liter air laut membutuhkan kalor sebanyak 239 kJ untuk menghasilkan garam sebanyak 48 gram / 2252.25 cm^2.

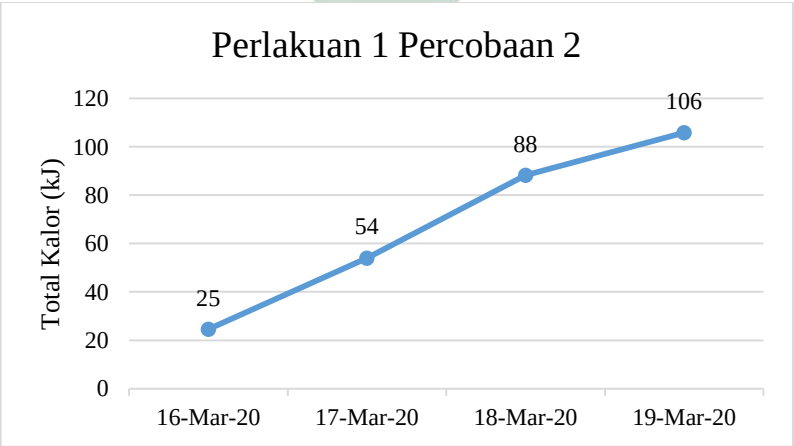
digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

4.2.2 Laju Evaporasi Pada Percobaan 2

Laju evaporasi garam pada percobaan kedua mengalami ciri-ciri gejala klinis diwaktu yang berbeda-beda hingga akhirnya terbentuk garam kering, hal ini dapat terjadi karena kalor yang dihasilkan disetiap harinya berbeda. Pada percobaan kedua cuaca sangat mendukung proses terbentuknya garam dimana cuaca panas tanpa terjadi hujan sehingga durasi penyinaran matahari lebih panjang yakni setiap harinya dapat penyinaran matahari selama 8 jam penuh. Dengan cuaca yang cenderung panas setiap harinya menyebabkan kecepatan angin pada percobaan kedua paling tinggi dibandingkan perlakuan lainnya yakni berkisar 18,52 km/jam dari *AccuWeather* yang telah dirata-rata. Berdasarkan cuaca dan kalor yang dihasilkan disetiap perlakuan maka proses laju evaporasi pada percobaan 1 sub-sub bab berikut ini

4.2.2.1 Laju Evaporasi Perlakuan 1

Pada perhitungan kalor pada perlakuan 1 menunjukkan bahwa kalor perlakuan 1 hasilnya paling rendah jika dibandingkan perlakuan lainnya, hal ini karena sumber panas untuk menghasilkan nilai kalor pada perlakuan 1 hanya berasal dari radiasi matahari yang diserap langsung oleh *geomembran* HDPE, sehingga laju evaporasi pada perlakuan pertama paling lama di antara perlakuan yang lainnya. Untuk mengetahui hubungan keduanya maka hasil kalor yang dihasilkan oleh perlakuan 1 pada percobaan kedua dikumulatifkan hingga diperoleh nilai seperti gambar 4.9 berikut ini



Gambar 4.9 Kalor Kumulatif Pada Perlakuan 1 Percobaan 2

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Hasil dari pengambilan data kedalama selanjutnya dilakukan perhitungan laju evaporasi dengan menggunakan persamaan 12. m_w adalah volume air yang terevaporasi yang didapat dari perkalian antara luas permukaan akuarium (2252.25 cm^2) dan selisih kedalaman air dari pengamatan saat ini dikurangi dengan pengamatan sebelumnya. Adapun t adalah selisih waktu antara pengamatan saat ini dikurangi dengan pengamatan sebelumnya. Sehingga hasil dari laju evaporasi air garam pada perlakuan 1 percobaan kedua dapat dilihat pada tabel 4.21 di bawah ini.

Tabel 4.21. Laju Evaporasi Air Garam pada Perlakuan 1 Percobaan 2

Tanggal	**Kedalaman (cm)**	**Jam Pengamatan**	**m_w (cm^3)**	**t (jam)**	**Laju Evaporasi (ml/Jam)**
16 Maret 2020	1.5	8:00	0	0	-
16 Maret 2020	1.3	12:00	450.45	4	112.613
17 Maret 2020	1,15	12:00	337,8375	24	14,077
18 Maret 2020	0.88	12:00	608,1075	24	25,338
19 Maret 2020	0,6	10.00	630,63	22	27,419

Berdasarkan gambar 4.9 dan tabel 4.21 menunjukkan bahwa dihari pertama cuaca yang cenderung panas dipagi hingga sore hari durasi penyinaran matahari 8 jam penuh, pada hari ini perlakuan 1 kalor yang didapatkan sebesar 25 kJ dan menghasilkan nilai laju evaporasi sebesar 112.613 ml/jam dalam waktu 4 jam setelah air laut dimasukkan pada pukul 08.00 WIB sebanyak 1,5 liter. Pada hari kedua dengan cuaca panas dan durasi penyinaran matahari 8 jam penuh maka nilai kalor kumulatifnya sebesar 54 kJ dan setelah 24 jam dari hari pertama maka nilai laju evaporasi dihari kedua sebesar 14,077 ml/jam. Pada hari ketiga cuaca panas dan pada tengah hari cuaca menjadi mendung, akan tetapi durasi penyinaran matahari tetap selama 8 jam karena tidak terjadi hujan, dihari ketiga perlakuan 1 menghasilkan kalor kumulatif sebesar 88 kJ dengan nilai laju evaporasinya sebesar 25,338 ml/jam. Hari keempat cuaca panas dengan durasi penyinaran aquarium percobaan di bawah radiasi matahari selama 5 jam, kalor kumulatif dihasilkan sebesar 106 kJ dan nilai laju evaporasinya 27,419 ml/jam. Pada hari keempat pukul 12.00 air garam sudah menguap sempurna dan pada pukul 13.00 garam kering siap

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

untuk dipanen. Adapun gejala klinis yang diamati selama percobaan 2 pada perlakuan 1 dapat dilihat pada tabel 4.22 sebagai berikut

Tabel 4.22. Data Pengamatan Proses Evaporasi Air Garam Pada Perlakuan 1 Percobaan ke-2

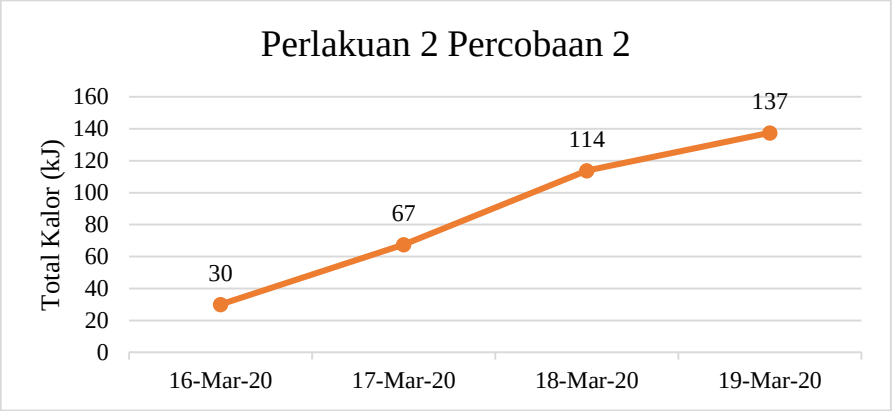
Tanggal	Keterangan (Jam pengamatan dan kondisi air garam / garam)
16 Maret 2020	08.00 (*initial depth* air garam)
16 Maret 2020	08.00 salinitas 31‰ 09.30 mulai muncul gelembung udara 11.00 salinitas 43‰ 12.00 masih berupa air garam ketinggian 1,3 cm, gelembung udara semakin banyak 14.00 salinitas 55‰
17 Maret 2020	08.00 salinitas 64‰ 11.00 salinitas 78‰, gelembung udara hampir seluruh bagian pinggiran permukaan 12.00 masih berupa air garam ketinggian 1,15 cm 14.00 salinitas 97‰, gelembung udara ¼ bagian permukaan
18 Maret 2020	08.00 salinitas di atas 100‰ 12.00 masih berupa air garam ketinggian 0,88 cm
19 Maret 2020	09.00 masih berupa air garam dengan kedalaman 0,6 cm 11.00 air garam menguap sempurna dan ¼ bagian garam mengkristal 12.20 garam basah dan ¼ bagian garam mengering dan memutih 13.00 garam kering, siap panen
Total Garam yang dihasilkan pada Perlakuan 1 Percobaan ke-2 = 45 gram	

Berdasarkan hasil pengolahan data kalor dan laju evaporasi yang dihubungkan dengan pengamatan gejala klinisnya maka perlakuan pertama membentuk garam pada hari ke empat pukul 13.00 WIB, dimana dalam 1,5 liter air laut membutuhkan kalor sebanyak 106 kJ untuk menghasilkan garam sebanyak 45 gram / 2252.25 cm^2.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

4.2.2.2 Laju Evaporasi Perlakuan 2

Pada percobaan kedua kalor yang dihasilkan pada perlakuan 2 nilainya tetap lebih besar dibandingkan perlakuan 1 dengan nilai kalor yang lebih tinggi maka terbentuknya garam hingga garam kering setengah jam lebih cepat dibandingkan perlakuan 1. Untuk mengetahui jumlah kalor dengan laju evaporasi pada perlakuan 2 dapat dilihat pada gambar 4.10 dan tabel 4.23 berikut ini



Gambar 4.10. Kalor Kumulatif Pada Perlakuan 2 Percobaan 2

Hasil dari pengambilan data kedalama selanjutnya dilakukan perhitungan laju evaporasi dengan menggunakan persamaan 12. m_w adalah volume air yang terevaporasi yang didapat dari perkalian antara luas permukaan akuarium (2252.25 cm^2) dan selisih kedalaman air dari pengamatan saat ini dikurangi dengan pengamatan sebelumnya. Adapun t adalah selisih waktu antara pengamatan saat ini dikurangi dengan pengamatan sebelumnya. Sehingga hasil dari laju evaporasi air garam pada perlakuan 2 percobaan kedua dapat dilihat pada tabel 4.23 di bawah ini.

Tabel 4.23. Laju Evaporasi Air Garam pada Perlakuan 2 Percobaan 2

Tanggal	Kedalaman (cm)	Jam Pengamatan	m_w (cm^3)	t (jam)	Laju Evaporasi (ml/Jam)
16 Maret 2020	1.5	8:00	0	0	-
16 Maret 2020	1.1	12:00	900.9	4	225.225
17 Maret 2020	0.82	12:00	630,63	24	26.276
18 Maret 2020	0.51	12:00	698,1975	24	29,092
19 Maret 2020	0,2	10:00	698,1975	22	30,356

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Berdasarkan gambar 4.10 dan tabel 4.23 menunjukkan bahwa dihari pertama cuaca yang cenderung panas dipagi hingga sore hari durasi penyinaran matahari 8 jam penuh, pada hari ini perlakuan 2 kalor yang didapatkan sebesar 30 kJ dan menghasilkan nilai laju evaporasi sebesar 225,225 ml/jam dalam waktu 4 jam setelah air laut dimasukkan pada pukul 08.00 WIB sebanyak 1,5 liter. Pada hari kedua dengan cuaca panas dan durasi penyinaran matahari 8 jam penuh maka nilai kalor kumulatifnya sebesar 54 kJ dan setelah 24 jam dari hari pertama maka nilai laju evaporasi dihari kedua sebesar 26,276 ml/jam. Pada hari ketiga cuaca panas dan pada tengah hari cuaca menjadi mendung, akan tetapi durasi penyinaran matahari tetap selama 8 jam karena tidak terjadi hujan, dihari ketiga perlakuan 1 menghasilkan kalor kumulatif sebesar 88 kJ dengan nilai laju evaporasinya sebesar 29,092 ml/jam. Hari keempat cuaca panas dengan durasi penyinaran aquarium percobaan di bawah radiasi matahari selama 5 jam, kalor kumulatif dihasilkan sebesar 106 kJ dan nilai laju evaporasinya 30,356ml/jam. Pada hari keempat pukul 12.00 air garam sudah menguap sempurna dan pada pukul 13.00 garam kering siap untuk dipanen. Adapun gejala klinis yang diamati selama percobaan 2 pada perlakuan 2 dapat dilihat pada tabel 4.24 sebagai berikut.

Tabel 4.24. Data Pengamatan Proses Evaporasi Air Garam Pada Perlakuan 2 Percobaan ke-2

Tanggal	Keterangan (Jam pengamatan dan kondisi air garam / garam)
16 Maret 2020	08.00 (*initial depth* air garam)
16 Maret 2020	08.00 salinitas 31‰ 09.30 masih berupa air garam, mulai muncul gelembung udara pada pinggiran garam 11.00 salinitas 53‰ 12.00 masih berupa air garam ketinggian 1,1 cm, gelembung udara semakin banyak 14.00 salinitas 65‰
17 Maret 2020	08.30 salinitas 78‰ 11.00 salinitas 97‰, gelembung udara hampir seluruh bagian pinggiran permukaan

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

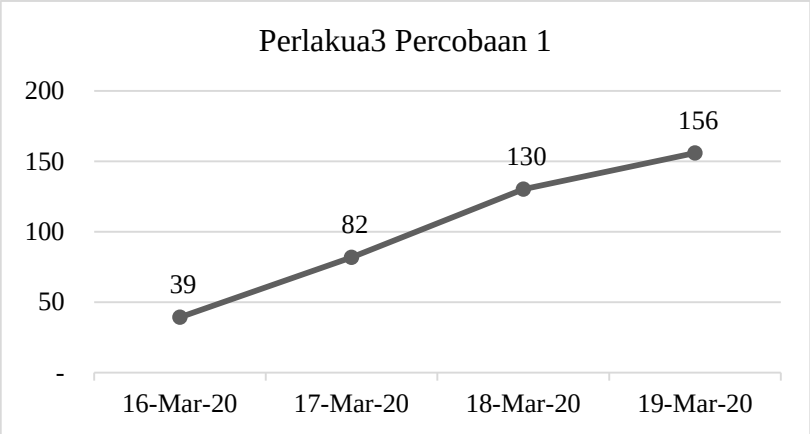
Tanggal	Keterangan (Jam pengamatan dan kondisi air garam / garam)
	12.00 masih berupa air garam ketinggian 0,82 cm 14.00 salinitas di atas 100‰
18 Maret 2020	12.00 masih berupa air garam ketinggian 0,51 cm
19 Maret 2020	10.00 masih berupa air garam ketinggian 0,2 cm 10.30 air laut menguap sempurna dan mulai menjadi garam basah 12.15 ½ bagian garam kering 12.40 garam kering, siap panen
Total Garam yang dihasilkan pada Perlakuan 2 Percobaan ke-2 = 47 gram	

Berdasarkan hasil pengolahan data kalor dan laju evaporasu yang dihubungkan dengan pengamatan gejala klinisnya maka perlakuan kedua membentuk garam pada hari ke empat pukul 12.40 WIB, dimana dalam 1,5 liter air laut membutuhkan kalor sebanyak 137 kJ untuk menghasilkan garam sebanyak 47 gram / 2252.25 cm^2.

4.2.2.3 Laju Evaporasi Perlakuan 3

Laju evaporasi pada perlakuan 3 lebih cepat dibandingkan perlakuan 1 dan 2, hal ini karena adanya tambahan material 2 lapis berupa seng datar dan seng gelombang sehingga mampu meningkatkan nilai kalor jauh lebih besar dibandingkan kedua peralkuan sebelumnya. Penguapan sempurna pada air garam terjadi pada hari keempat pukul 08.00 WIB dan pukul 11.00 WIB garam menunjukkan sudah kering dan siap dipanen. Proses laju evaporasi yang cepat dipengaruhi oleh kalor yang dihasilkan perlakuan 3 yang besar, karena kalor berbanding lurus dengan laju evaporasi dimana semakin besar kalor maka laju evaporasinya akan semakin cepat, untuk lebih jelasknya dapat dilihat pada gambar dan tabel 4.25

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id



Gambar 4.11. Kalor Kumulatif Pada Perlakuan 3 Percobaan 2

Hasil dari pengambilan data kedalama selanjutnya dilakukan perhitungan laju evaporasi dengan menggunakan persamaan 12. m_w adalah volume air yang terevaporasi yang didapat dari perkalian antara luas permukaan akuarium (2252.25 cm^2) dan selisih kedalaman air dari pengamatan saat ini dikurangi dengan pengamatan sebelumnya. Adapun t adalah selisih waktu antara pengamatan saat ini dikurangi dengan pengamatan sebelumnya. Sehingga hasil dari laju evaporasi air garam pada perlakuan 3 percobaan kedua dapat dilihat pada tabel 4.25 di bawah

Tabel 4.25. Laju Evaporasi Air Garam pada Perlakuan 3 Percobaan 2

Tanggal	**Kedalaman (cm)**	**Jam Pengamatan**	**m_w (cm^3)**	**t (jam)**	**Laju Evaporasi (ml/Jam)**
16 Maret 2020	1.5	8:00	0	0	-
16 Maret 2020	1,08	12:00	945,945	4	236,486
17 Maret 2020	0.75	12:00	743,2425	24	30,968
18 Maret 2020	0.32	12:00	968,4675	24	40,353
19 Maret 2020	0	10:00	720,72	0	0,00

Berdasarkan gambar 4.11 dan tabel 4.25 menunjukkan bahwa dihari pertama cuaca yang cenderung panas dipagi hingga sore hari durasi penyinaran matahari 8 jam penuh, pada hari ini perlakuan 3 kalor yang didapatkan sebesar 39 kJ dan menghasilkan nilai laju evaporasi sebesar 236,486 ml/jam dalam waktu 4 jam setelah air laut dimasukkan pada pukul 08.00 WIB sebanyak 1,5 liter. Pada hari kedua dengan cuaca panas dan durasi penyinaran matahari 8 jam penuh maka nilai kalor kumulatifnya sebesar 82 kJ dan setelah 24 jam dari hari pertama maka nilai

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

laju evaporasi dihari kedua sebesar 30,968 ml/jam. Pada hari ketiga cuaca panas dan pada tengah hari cuaca menjadi mendung, akan tetapi durasi penyinaran matahari tetap selama 8 jam karena tidak terjadi hujan, dihari ketiga perlakuan 1 menghasilkan kalor kumulatif sebesar 130 kJ dengan nilai laju evaporasinya sebesar 40,353 ml/jam. Hari keempat cuaca panas dengan durasi penyinaran aquarium percobaan di bawah radiasi matahari selama 5 jam, kalor kumulatif dihasilkan sebesar 156 kJ dan nilai laju evaporasinya 30,356 ml/jam. Pada hari keempat pukul 08.00 air garam sudah menguap sempurna dan pada pukul 11.00 garam kering siap untuk dipanen. Adapun gejala klinis yang diamati selama percobaan 2 pada perlakuan 3 dapat dilihat pada tabel 4.26 sebagai berikut

Tabel 4.26. Data Pengamatan Proses Evaporasi Air Garam Pada Perlakuan 3 Percobaan ke-2

Tanggal	Keterangan (Jam pengamatan dan kondisi air garam / garam)
16 Maret 2020	08.00 (*initial depth* air garam)
16 Maret 2020	08.00 salinitas 31‰ 09.30 gelembung udara banyak pada area pinggiran permukaan 11.00 salinitas 67‰ 12.00 masih berupa air garam, gelembung udara hampir seluruh bagian pinggiran permukaan 14.00 salinitas 79‰
17 Maret 2020	08.00 salinitas 84‰, gelembung udara hampir ¼ bagian permukaan 11.00 salinitas di atas 100‰ 12.00 masih berupa air garam ketinggian 0,75 cm
18 Maret 2020	12.00 masih berupa air garam ketinggian 0,32 cm 16.00 air laut hampir menguap sempurna
19 Maret 2020	08.00 air laut menguap sempurna 08.30 air laut mengkristal 09.00 garam basah 09.30 garam mengering dan memutih

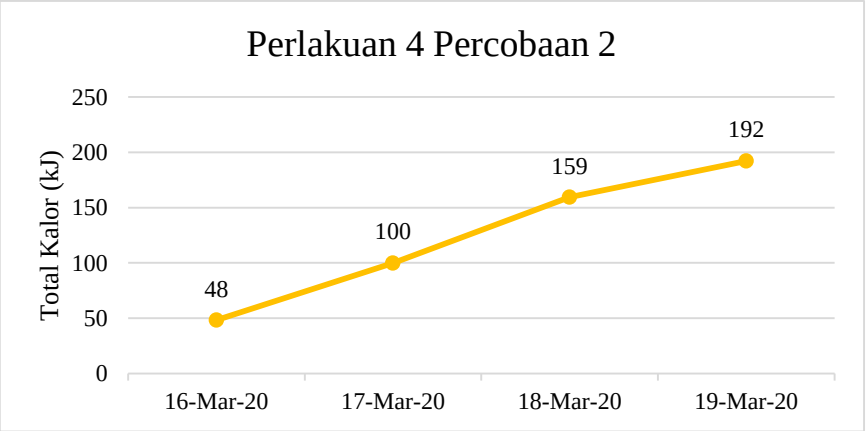
digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Tanggal	Keterangan (Jam pengamatan dan kondisi air garam / garam)
	10.00 ¼ bagian garam kering 10.30 ½ bagian garam kering 11.00 garam kering, siap panen
Total Garam yang dihasilkan pada Perlakuan 3 Percobaan ke-2 = 48 gram	

Berdasarkan hasil pengolahan data kalor dan laju evaporasu yang dihubungkan dengan pengamatan gejala klinisnya maka pada perlakuan 3 dalam 1,5 liter air laut membutuhkan kalor sebanyak 156 kJ untuk menghasilkan garam sebanyak 48 gram / 2252.25 cm^2.

4.2.2.4 Laju Evaporasi Perlakuan 4

Pada perlakuan 4 nilai kalor yang dihasilkan sangat tinggi sehingga laju evaporasi terjadi sangat cepat. Pada perlakuan 4 air laut sudah menguap pada hari ketiga pukul 11.00 WIB dan garam sudah sangat kering pada hari keempat pukul 09.00 WIB. Pada percobaan ke 4 penyerapan suhu oleh absorber *geomembran* HDPE sangat tinggi, bahkan pada hari keempat hingga 80°C pada suhu lingkungan 32°C. Tingginya temperatur udara berbanding terbalik dengan kelembaban udara tetapi mengakibatkan laju penguapan semakin besar (Wirasantosa, 2005). Oleh karena itu laju penguapan pada perlakuan 4 berbanding lurus dengan kalor, untuk lebih jelasnya yang dihasilkan seperti pada gambar 4.12 dan tabel 4.27 berikut ini



Gambar 4.12. Kalor Kumulatif Pada Perlakuan 4 Percobaan 2

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Hasil dari pengambilan data kedalama selanjutnya dilakukan perhitungan laju evaporasi dengan menggunakan persamaan 12. m_w adalah volume air yang terevaporasi yang didapat dari perkalian antara luas permukaan akuarium (2252.25 cm^2) dan selisih kedalaman air dari pengamatan saat ini dikurangi dengan pengamatan sebelumnya. Adapun t adalah selisih waktu antara pengamatan saat ini dikurangi dengan pengamatan sebelumnya. Sehingga hasil dari laju evaporasi air garam pada perlakuan 2 percobaan kedua dapat dilihat pada tabel 4.27 di bawah ini.

Tabel 4.27. Laju Evaporasi Air Garam pada Perlakuan 4 Percobaan 2

Tanggal	Kedalaman (cm)	Jam Pengamatan	m_w (cm^3)	t (jam)	Laju Evaporasi (ml/Jam)
16 Maret 2020	1.5	8:00	0	0	-
16 Maret 2020	0.87	12:00	1418,9175	4	354,729
17 Maret 2020	0.5	12:00	833,3325	24	34,722
18 Maret 2020	0	12:00	1126,125	24	46,922
19 Maret 2020	0	11:00	0	23	0,000

Berdasarkan gambar 4.12 dan tabel 4.27 menunjukkan bahwa dihari pertama cuaca yang cenderung panas dipagi hingga sore hari durasi penyinaran matahari 8 jam penuh, pada hari ini perlakuan 4 kalor yang didapatkan sebesar 48 kJ dan menghasilkan nilai laju evaporasi sebesar 354,729 ml/jam dalam waktu 4 jam setelah air laut dimasukkan pada pukul 08.00 WIB sebanyak 1,5 liter. Pada hari kedua dengan cuaca panas dan durasi penyinaran matahari 8 jam penuh maka nilai kalor kumulatifnya sebesar 100 kJ dan setelah 24 jam dari hari pertama maka nilai laju evaporasi dihari kedua sebesar 34,722 ml/jam. Pada hari ketiga cuaca panas dan pada tengah hari cuaca menjadi mendung, akan tetapi durasi penyinaran matahari tetap selama 8 jam karena tidak terjadi hujan, dihari ketiga perlakuan 1 menghasilkan kalor kumulatif sebesar 159 kJ dengan nilai laju evaporasinya sebesar 46,922 ml/jam, pada pukul 13.00 WIB air laut sudah menguap sempurna. Hari keempat cuaca panas dengan durasi penyinaran aquarium percobaan di bawah radiasi matahari selama 5 jam, kalor kumulatif dihasilkan sebesar 192 kJ pada pukul 09.00 garam kering siap untuk dipanen. Adapun gejala klinis yang diamati selama percobaan 2 pada perlakuan 4 dapat dilihat pada tabel 4.28 sebagai berikut

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Tabel 4.28. Data Pengamatan Proses Evaporasi Air Garam Pada Perlakuan 4 Percobaan ke-2

Tanggal	Keterangan (Jam pengamatan dan kondisi air garam / garam)
16 Maret 2020	08.00 (*initial depth* air garam)
16 Maret 2020	08.00 salinitas 31‰ 09.30 gelembung udara sudah banyak 11.00 salinitas 75‰ 12.00 masih berupa air garam ketinggian 0,87 cm, gelembung udara hampir seluruh bagian pinggiran permukaan 14.00 salinitas 88‰
17 Maret 2020	08.00 salinitas 92‰, gelembung udara hampir seluruh bagian pinggiran permukaan 11.00 salinitas di atas 100‰ 12.00 masih berupa air garam ketinggian 0,5 cm
18 Maret 2020	12.00 air laut menguap hampir sempurna 13.00 air laut menguap sempurna 13.30 air laut mengkristal 14.00 garam basah 14.20 ¼ bagian garam mengering dan memutih 15.00 ½ bagian garam kering
19 Maret 2020	08.00 ½ bagian garam kering 09.00 garam kering, siap panen
Total Garam yang dihasilkan pada Perlakuan 3 Percobaan ke-2 = 49 gram	

Berdasarkan hasil pengolahan data kalor dan laju evaporasu yang dihubungkan dengan pengamatan gejala klinisnya maka perlakuan keempat menghasilkan garam kering pada hari keempat pukul 09.00 WIB, dimana dalam 1,5 liter air laut membutuhkan kalor sebanyak 192 kJ untuk menghasilkan garam sebanyak 49 gram / 2252.25 cm^2.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

4.2.3 Laju Evaporasi Pada Percobaan 3

Pada percobaan ketiga cuaca yang didominasi pada saat percobaan dilakukan yakni cuaca mendung dan hujan. Dari pengambilan data suhu sebelumnya nampak bahwa hanya 3 hari cuaca panas akan tetapi sering sekali mendung. Curah hujan yang tinggi berdampak buruk pada produksi garam, karena terdapat faktor – faktor yang mendukung keberhasilan produksi garam meliputi kondisi cuaca, kecepatan angin dan laju evaporasi yang tinggi (Korovessis & Lekkas, 2009). Kecepatan angin mendukung peningkatan laju evaporasi karena angin dapat berfungsi untuk menggantikan udara jenuh dengan udara sebelum jenuh dan kecepatan angin mempengaruhi suhu dan menyebabkan membawa udara kering (Nurhayati, 2016) semakin cepat angin maka laju evapotranspirasi akan semakin tinggi (Kurniawan, et al., 2019). Pada percobaan ketiga kecepatan angin cenderung rendah yakni berkisar 8,8 km/jam dari *AccuWeather* yang telah dirata-rata, sedangkan menurut Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) kecepatan angin nomal yakni 15 knot atau 24 km/jam.

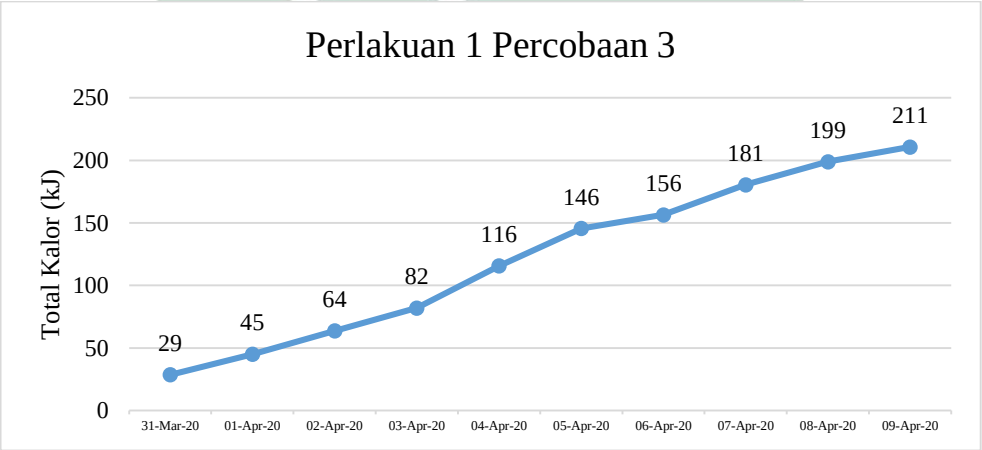
Cuaca mendung juga mengakibatkan keberadaan awan konvektif sehingga menghalangi radiasi matahari kepermukaan akibatnya suhu udara turun dan kelembaban udara menjadi tinggi (Kumala, 2012), suhu lingkungan dikatakan panas jika berada di antara 31°C-35°C (Djoko Wilarso dan Wahyuningsih,1995 *dalam* Gustiawati, 2016) selain itu proses kristalisasi garam NaCl konsentrasi air tua harus memiliki kadar 25°Be (Korovessis & Lekkas, 2009) sehingga ketika air laut yang menjadi lebih pekat maka kristalisasi garam terbentuk. Akan tetapi hujan dapat menurunkan konsentrasi garam sebesar 0,25°Be (curah hujan yang relatif rendah) (Kumala, 2012) sehingga semakin sering terjadi hujan maka laju evaporasi akan semakin lama karena hujan mengakibatkan konsentrasi pada larutan garam relatif rendah sehingga salinitas akan relatif lebih kecil (Purbani, 2013). Oleh karena itu, pada percobaan ketiga cuaca tidak mendukung percobaan akibat laju evaporasi menjadi rendah sehingga waktu produksi garam menjadi semakin lama. Walaupun cuaca tidak mendukung perlakuan ke 4 tetap lebih dahulu menjadi garam, dimana garam dipanen pada hari keenam, karena kalor yang dihasilkan pada perlakuan 4 tetap tinggi sedangkan perlakuan lainnya dipanen pada hari kesepuluh.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Untuk lebih jelasnya akan hubungan kalor, cuaca dan laju evaporasi garam dapat dilihat pada sub-sub bab berkut ini

4.2.3.1 Laju Evaporasi Perlakuan 1

Berdasarkan hasil perhitungan kalor pada percobaan ketiga maka perlakuan pertama dan cuaca pada perlakuan ketiga cenderung yang mendung dan hujan, berdampak pada daya serap absorber *geomembran* HDPE yang rendah akibatnya laju evaporasi terjadi lebih lama. Untuk mengetahui hubungan kalor dan waktu yang dibutuhkan perlakuan pertama pada proses laju evaporasi dapat dilihat pada grafik dan tabel 4.29 berikut ini



Gambar 4.13. Kalor Kumulatif Pada Perlakuan 1 Percobaan 3

Hasil dari pengambilan data kedalaman selanjutnya dilakukan perhitungan laju evaporasi dengan menggunakan persamaan 12. m_w adalah volume air yang terevaporasi yang didapat dari perkalian antara luas permukaan akuarium (2252.25 cm^2) dan selisih kedalaman air dari pengamatan saat ini dikurangi dengan pengamatan sebelumnya. Adapun t adalah selisih waktu antara pengamatan saat ini dikurangi dengan pengamatan sebelumnya. Sehingga hasil dari laju evaporasi air garam pada perlakuan 1 dapat dilihat pada tabel 4.29 di bawah ini.

Tabel 4.29. Laju Evaporasi Air Garam pada Perlakuan 1 Percobaan 3

Tanggal	Kedalaman (cm)	Jam Pengamatan	m_w (cm^3)	t (jam)	Laju Evaporasi (ml/Jam)
31 Maret 2020	1,5	12:00	-	0	0,000
01-Apr-20	1,3	12:00	450,45	23	19,585

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Tanggal	Kedalaman (cm)	Jam Pengamatan	m_w (cm^3)	t (jam)	Laju Evaporasi (ml/Jam)
02-Apr-20	1	12:00	675,675	24	28,153
03-Apr-20	0,9	12:00	225,225	23	9,792
04-Apr-20	0,8	12:00	225,225	24	9,384
05-Apr-20	0,7	12:00	225,225	24	9,384
06-Apr-20	0,6	12:00	225,225	20	11,261
07-Apr-20	0,42	12:00	405,405	24	16,892
08-Apr-20	0,22	12:00	450,45	24	18,769
09-Apr-20	0,14	8:00	180,18	20	9,009

Gambar 4.13 dan tabel 4.29 menunjukkan bahwa dihari pertama cuaca yang cenderung panas dan mendung dipagi hingga sore hari, akan tetapi tetap mendapatkan durasi penyinaran matahari selama 8 jam penuh, pada hari ini perlakuan 1 kalor yang didapatkan sebesar 29 kJ dan menghasilkan nilai laju evaporasi sebesar 0 ml/jam, karena air laut tetap dengan ketinggian 1,5 cm dalam waktu 4 jam setelah air laut dimasukkan pada pukul 08.00 WIB sebanyak 1,5 liter. Pada hari kedua dengan cuaca panas pada pagi hari, akan tetapi ppada tengah hari terjadi hujan, kemudian cuaca kembali panas pada jam 13.00 – 14.00, dan pukul 15.00 terjadi hujan hingga malam hari, durasi penyinaran matahari 6 jam sehingga nilai kalor kumulatifnya sebesar 45 kJ dan setelah 24 jam dari hari pertama maka nilai laju evaporasi dihari kedua sebesar 19,585 ml/jam. Pada hari ketiga cuaca panas dipagi hari hingga siang hari, tetapi terjadi hujan pada pukul 14.00 – 16.00 WIB sehingga durasi penyinaran matahari hanya selama 5 jam, dihari ketiga perlakuan 1 menghasilkan kalor kumulatif sebesar 64 kJ dengan nilai laju evaporasinya sebesar 28,153 ml/jam. Hari keempat cuaca panas dipagi hari hingga menjelang tengah hari, akan tetapi pada tengah hari terjadi hujan dan cuaca kembali panas pada pukul 13.00 – 15.00 WIB, setelah pengukuran pukul 15.00 hujan turun kembali hingga malam hari, durasi penyinaran matahri terhadap aquarium percobaan hanya selama 6 jam, kalor kumulatif dihasilkan sebesar 82 kJ dan nilai laju evaporasinya 9,792 ml/jam. Pada hari kelima cuaca cenderung panas dan mendung beberapa kali, sehingga durasi penyinaran radiasi matahari cukup lama yakni 8 jam, dan kalor kumulatif yang dihasilkan sebesar 116 kJ dan laju

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

evaporasinya sebesar 9,384 ml/jam. Hari keenam cuaca panas dan beberapa kali terjadi mendung, durasi penyinaran matahari 8 jam sehingga kalor kumulatif semakin meningkat dengan total 146 kJ, unutk laju evaporasinya pada hari keenam sebesar 9,384 ml/jam. Pada hari ketujuh suhu panas pada pagi hari hingga menjelang tengah hari, pada tengah hari hingga sore hari terjadi hujan sehingga durasi penyinaran matahari hanya selama 4 jam, nilai kalor kumlatif 156 kJ pada hari ketujuh sebesar 11,261 ml/jam. Hari kedelapan durasi penyinaran matahari cukup lama yakni selama 6 jam, karena cuaca panas dipagi hingga siang hari hari dan hujan turun pada pukul 15.00 WIB hingga malam hari akibatnya nilai kalor kumulatif hanya sebesar 181 kJ dan laju evaporasinya sebesar 16,892 ml/jam. Pada hari kesembilan cuaca panas pada pagi hingga tengah hari, akan tetapi hujan turun pada pukul 13.00 hingga sore hari sehingga kalor kumulatif yang dihasilkan sebesar 199 kJ dan laju evaporasinya sebesar 18,769 ml/jam. Pada hari kesepuluh durasi penyinaran matahari hanya 3 jam, nilai kalor kumulatifnya sebesar 211 kJ dan laju evaporasinya sebesar 9,009 ml/jam, air garam dihari kesepuluh sudah menguap sempurna pada 08.30 WIB dan kering pada pukul 10.30 WIB. Adapun gejala klinis yang diamati selama percobaan 2 pada perlakuan 1 dapat dilihat pada tabel 4.30 sebagai berikut

Tabel 4.30. Data Pengamatan Proses Evaporasi Air Garam Pada Perlakuan 1 Percobaan ke-3

Tanggal	Keterangan (Jam pengamatan dan kondisi air garam / garam)
31 Maret 2020	08.00 *initial depth* air garam dengan salinitas 31‰ 11.00 mulai muncul gelembung udara 12.00 salinitas 35‰ 12.00 masih berupa air garam ketinggian 1,5 cm 13.00 gelembung udara semakin banyak 14.00 salinitas 37‰
1 April 2020	08.00 salinitas 40‰ 11.00 salinitas 44‰, terdapat gelembung udara 11.45 masih berupa air garam ketinggian 1,3 cm 12.00 Hujan (menutup aquarium percobaan)

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Tanggal	Keterangan (Jam pengamatan dan kondisi air garam / garam)
	13.00 – 14.55 Panas (membuka penutup aquarium percobaan) 14.00 salinitas 47‰, terdapat gelembung udara 15.00 – 16.00 Hujan (menutup aquarium percobaan)
2 April 2020	08.00 salinitas 50‰ 11.00 salinitas 56‰, terdapat gelembung udara 12.00 masih berupa air garam ketinggian 1 cm 14.00 – 16.00 Hujan (menutup aquarium percobaan)
3 April 2020	08.00 salinitas 70‰ 11.00 salinitas 78‰, terdapat gelembung udara 11.50 masih berupa air garam ketinggian 0,9 cm 12.00 Hujan (menutup aquarium percobaan) 13.00 – 16.00 Panas (membuka penutup aquarium percobaan) 16.00 Hujan (menutup aquarium percobaan)
4 April 2020	08.00 salinitas 79‰ 11.00 salinitas 84‰, terdapat gelembung udara hampir seluruh pinggiran permukan 12.00 masih berupa air garam ketinggian 0,8 cm 14.00 salinitas 90‰, terdapat gelembung udara
5 April 2020	08.00 salinitas 92‰ 11.00 salinitas 97‰, terdapat gelembung udara seluruh bagian pinggiran permukaan 12.00 masih berupa air garam ketinggian 0,7 cm 14.00 salinitas di atas 100‰
6 April 2020	11.50 masih berupa air garam ketinggian 0,6 cm 12.00 – 16.00 Hujan (menutup aquarium percobaan)
7 April 2020	12.00 masih berupa air garam ketinggian 0,42 cm 15.00 – 16.00 Hujan (menutup aquarium percobaan)
8 April 2020	11.50 masih berupa air garam ketinggian 0,22 cm (bagian tengah) dan bagian lainnya mulai mengkristal

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

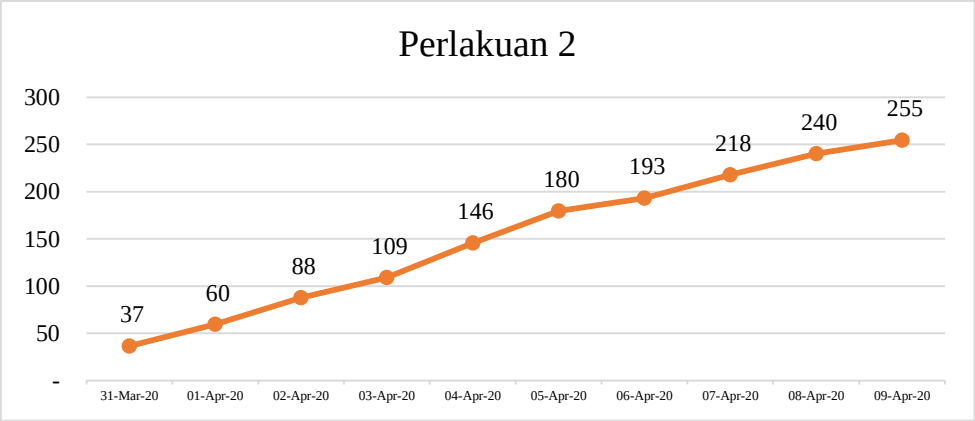
Tanggal	Keterangan (Jam pengamatan dan kondisi air garam / garam)
	12.00 – 16.00 Hujan (menutup aquarium percobaan)
9 April 2020	08.00 masih berupa air garam ketinggian 0,14 cm (bagian tengah) dan bagian lainnya mulai mengkristal 08.30 air garam menguap sempurna dan ½ bagian menjadi garam basah 09.00 ½ bagian garam mengering dan memutih 10.30 garam kering, siap panen
Total Garam yang dihasilkan pada Perlakuan 1 Percobaan ke-3 = 46 gram	

Berdasarkan hasil pengolahan data kalor dan laju evaporasi yang dihubungkan dengan pengamatan gejala klinisnya maka perlakuan pertama dapat menghasilkan garam kering pada hari kesepuluh pukul 10.30 WIB, dimana dalam 1,5 liter air laut membutuhkan kalor sebanyak 211 kJ untuk menghasilkan garam sebanyak 46 gram / 2252.25 cm^2.

4.2.3.2 Laju Evaporasi Perlakuan 2

Kalor yang dihasilkan pada perlakuan 2 nilainya lebih besar dibandingkan perlakuan 1 akan tetapi garam yang terbentuk pada hari yang sama yakni hari kesepuluh, dengan jumlah kalor yang lebih tinggi yakni 216 kilojoule perlakuan 2 hanya mampu mempercepat pengeringan garam setengah jam dari perlakuan 1. Untuk mengetahui jumlah kalor dengan laju evaporasi pada perlakuan 2 dapat dilihat pada gambar 4.14 dan tabel 4.31 berikut ini

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id



Gambar 4.14. Kalor Kumulatif Pada Perlakuan 2 Percobaan 3

Hasil dari pengambilan data kedalaman selanjutnya dilakukan perhitungan laju evaporasi dengan menggunakan persamaan 12. m_w adalah volume air yang terevaporasi yang didapat dari perkalian antara luas permukaan akuarium (2252.25 cm^2) dan selisih kedalaman air dari pengamatan saat ini dikurangi dengan pengamatan sebelumnya. Adapun t adalah selisih waktu antara pengamatan saat ini dikurangi dengan pengamatan sebelumnya. Sehingga hasil dari laju evaporasi air garam pada perlakuan 1 dapat dilihat pada tabel 4.31 di bawah ini.

Tabel 4.31. Laju Evaporasi Air Garam pada Perlakuan 2 Percobaan 3

Tanggal	Kedalaman (cm)	Jam Pengamatan	m_w (cm^3)	t (jam)	Laju Evaporasi (ml/Jam)
31 Maret 2020	1,5	12:00	-	0	-
01-Apr-20	1,2	12:00	675,675	23	29,377
02-Apr-20	0,9	12:00	675,675	24	28,153
03-Apr-20	0,8	12:00	225,225	23	9,792
04-Apr-20	0,7	12:00	225,225	24	9,384
05-Apr-20	0,6	12:00	225,225	24	9,384
06-Apr-20	0,5	12:00	225,225	20	11,261
07-Apr-20	0,3	12:00	450,45	24	18,769
08-Apr-20	0,1	08:00	450,45	20	18,769
09-Apr-20	0	8:00	0	20	0

Gambar 4.14 dan tabel 4.31 menunjukkan bahwa dihari pertama cuaca yang cenderung panas dan mendung dipagi hingga sore hari, akan tetapi tetap mendapatkan durasi penyinaran matahari selama 8 jam penuh, pada hari ini

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

perlakuan 1 kalor yang didapatkan sebesar 37 kJ dan menghasilkan nilai laju evaporasi sebesar 0 ml/jam dalam waktu 4 jam setelah air laut dimasukkan pada pukul 08.00 WIB sebanyak 1,5 liter. Pada hari kedua dengan cuaca panas pada pagi hari, akan tetapi ppada tengah hari terjadi hujan, kemudian cuaca kembali panas pada jam 13.00 – 14.00, dan pukul 15.00 terjadi hujan hingga malam hari, durasi penyinaran matahari 6 jam sehingga nilai kalor kumulatifnya sebesar 60 kJ dan setelah 24 jam dari hari pertama maka nilai laju evaporasi dihari kedua sebesar 29,377 ml/jam. Pada hari ketiga cuaca panas dipagi hari hingga siang hari, tetapi terjadi hujan pada pukul 14.00 – 16.00 WIB sehingga durasi penyinaran matahari hanya selama 5 jam, dihari ketiga perlakuan 1 menghasilkan kalor kumulatif sebesar 88 kJ dengan nilai laju evaporasinya sebesar 28,153 ml/jam. Hari keempat cuaca panas dipagi hari hingga menjelang tengah hari, akan tetapi pada tengah hari terjadi hujan dan cuaca kembali panas pada pukul 13.00 – 15.00 WIB, setelah pengukuran pukul 15.00 hujan turun kembali hingga malam hari, durasi penyinaran matahri terhadap aquarium percobaan hanya selama 6 jam, kalor kumulatif dihasilkan sebesar 109 kJ dan nilai laju evaporasinya 9,792 ml/jam. Pada hari kelima cuaca cenderung panas dan mendung beberapa kali, sehingga durasi penyinaran radiasi matahari cukup lama yakni 8 jam, dan kalor kumulatif yang dihasilkan sebesar 146 kJ dan laju evaporasinya sebesar 9,384 ml/jam. Hari keenam cuaca panas dan beberapa kali terjadi mendung, durasi penyinaran matahari 8 jam sehingga kalor kumulatif semakin meningkat dengan total 180 kJ, unutk laju evaporasinya pada hari keenam sebesar 9,384 ml/jam. Pada hari ketujuh suhu panas pada pagi hari hingga menjelang tengah hari, pada tengah hari hingga sore hari terjadi hujan sehingga durasi penyinaran matahari hanya selama 4 jam, nilai kalor kumlatif 193 kJ pada hari ketujuh sebesar 11,261 ml/jam. Hari kedelapan durasi penyinaran matahari cukup lama yakni selama 6 jam, karena cuaca panas dipagi hingga siang hari hari dan hujan turun pada pukul 15.00 WIB hingga malam hari akibatnya nilai kalor kumulatif hanya sebesar 218 kJ dan laju evaporasinya sebesar 18,769. Pada hari kesembilan cuaca panas pada pagi hingga tengah hari, akan tetapi hujan turun pada pukul 13.00 hingga sore hari sehingga kalor kumulatif yang dihasilkan sebesar 240 kJ dan laju evaporasinya sebesar 18,769 ml/jam, pada pukul 09.00 air laut sudah menguap sempurna. Pada hari kesepuluh durasi penyinaran

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

matahari hanya 3 jam, nilai kalor kumulatifnya sebesar 255 kJ dan laju evaporasinya sebesar 0 ml/jam, pada hari ini garam menjadi kering pada pukul 10.00 WIB. Adapun gejala klinis yang diamati selama percobaan 2 pada perlakuan 2 dapat dilihat pada tabel 4.32 sebagai berikut

Tabel 4.32. Data Pengamatan Proses Evaporasi Air Garam Pada Perlakuan 2 Percobaan ke-3

Tanggal	Keterangan (Jam pengamatan dan kondisi air garam / garam)
31 Maret 2020	08.00 salinitas 31‰ 11.00 salinitas 38‰, muncul gelembung udara 12.00 (*initial depth* air garam) 13.00 gelembung udara semakin banyak 14.00 salinitas 48‰
1 April 2020	08.00 salinitas 54‰ 11.00 salinitas 63‰, terdapat gelembung udara 11.45 masih berupa air garam ketinggian 1,2 cm 12.00 Hujan (menutup aquarium percobaan) 13.00 – 14.55 panas (membuka penutup aquarium percobaan) 14.00 salinitas 68‰, terdapat gelembung udara 15.00 – 16.00 Hujan (menutup aquarium percobaan)
2 April 2020	08.00 salinitas 69‰ 11.00 salinitas 75‰, terdapat gelembung udara 12.00 masih berupa air garam ketinggian 0,9 cm 14.00 – 16.00 Hujan (menutup aquarium percobaan)
3 April 2020	08.00 salinitas 76‰ 11.00 salinitas 85‰, terdapat gelembung udara hampir seluruh permukaan 12.50 masih berupa air garam ketinggian 0,8 cm 12.00 Hujan (menutup aquarium percobaan) 13.00 – 15.00 Panas (membuka penutup percobaan) 14.00 salinitas 90‰, terdapat gelembung udara 16.00 Hujan (menutup aquarium percobaan)

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Tanggal	Keterangan (Jam pengamatan dan kondisi air garam / garam)
4 April 2020	08.00 salinitas 90‰ 11.00 salinitas 95‰, terdapat gelembung udara seluruh bagian pinggiran permukaan 12.00 masih berupa air garam ketinggian 0,7 cm 14.00 salinitas di atas 100‰
5 April 2020	12.00 masih berupa air garam ketinggian 0,6 cm
6 April 2020	11.50 masih berupa air garam ketinggian 0,5 cm 12.00 – 16.00 Hujan (menutup aquarium percobaan)
7 April 2020	11.50 masih berupa air garam ketinggian 0,3 cm 15.00 – 16.00 Hujan (menutup aquarium percobaan)
8 April 2020	08.00 masih berupa air garam ketinggian 0,1 cm (bagian tengah) 09.00 air garam menguap sempurna dan mulai mengristal 10.00 garam basah 11.00 garam kering mengering dan memutih 12.30 – 16.00 Hujan (menutup aquarium percobaan)
9 April 2020	08.00 garam basah 09.00 ½ bagian garam kering 10.00 garam kering, siap panen
Total Garam yang dihasilkan pada Perlakuan 2 Percobaan ke-3 = 46 gram	

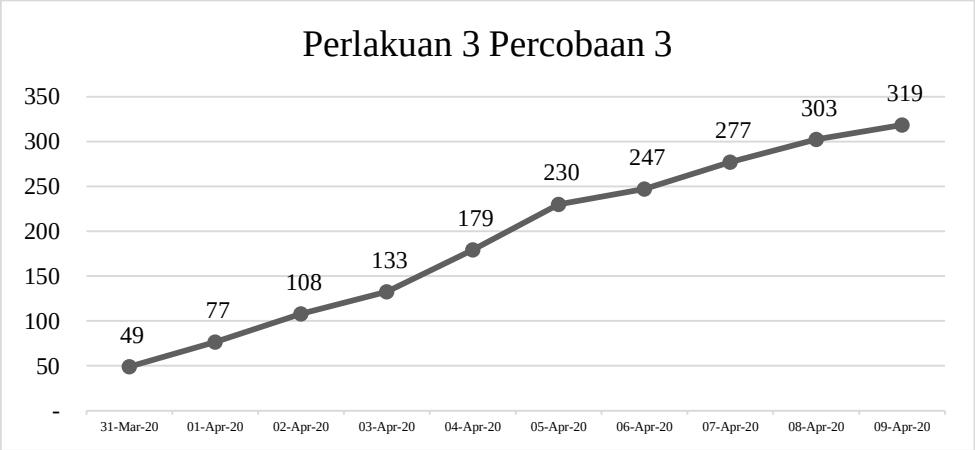
Berdasarkan hasil pengolahan data kalor dan laju evaporasi yang dihubungkan dengan pengamatan gejala klinisnya maka perlakuan kedua dapat menghasilkan garam kering pada hari kesepuluh pukul 10.00 WIB, dimana dalam 1,5 liter air laut membutuhkan kalor sebanyak 255 kJ untuk menghasilkan garam sebanyak 46 gram / 2252.25 cm^2.

4.2.3.3 Laju Evaporasi Perlakuan 3

Waktu yang dibutuhkan pada laju evaporasi perlakuan 3 sama seperti perlakuan 2, tetapi pengeringan garam pada perlakuan 3 lebih cepat 1 jam

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

dibandingkan perlakuan ke 2, hal ini karena adanya tambahan alas berupa material 2 lapis yakni seng datar dan seng gelombang sehingga mampu meningkatkan nilai kalor jauh lebih besar. Walaupun kalor yang dihasilkan besar akan tetapi garam pada perlakuan 3 kering pada hari kesepuluh pukul 08.00 WIB. Proses laju evaporasi yang dipengaruhi oleh kalor yang dihasilkan perlakuan 3 dapat dilihat pada gambar 4.15 dan tabel 4.33



Gambar 4.15. Kalor Kumulatif Pada Perlakuan 3 Percobaan 3

Hasil dari pengambilan data kedalaman selanjutnya dilakukan perhitungan laju evaporasi dengan menggunakan persamaan 12. m_w adalah volume air yang terevaporasi yang didapat dari perkalian antara luas permukaan akuarium (2252.25 cm^2) dan selisih kedalaman air dari pengamatan saat ini dikurangi dengan pengamatan sebelumnya. Adapun t adalah selisih waktu antara pengamatan saat ini dikurangi dengan pengamatan sebelumnya. Sehingga hasil dari laju evaporasi air garam pada perlakuan 1 dapat dilihat pada tabel 4.33 di bawah ini.

Tabel 4.33. Laju Evaporasi Air Garam pada Perlakuan 3 Percobaan 3

Tanggal	**Kedalaman (cm)**	**Jam Pengamatan**	**m_w (cm^3)**	**t (jam)**	**Laju Evaporasi (ml/Jam)**
31 Maret 2020	1,5	12:00	0	0	-
01-Apr-20	1,1	12:00	900,9	23	39,170
02-Apr-20	0,72	12:00	855,855	24	35,661
03-Apr-20	0,55	12:00	382,8825	23	16,647
04-Apr-20	0,37	12:00	405,405	24	16,892
05-Apr-20	0,2	12:00	382,8825	24	15,953
06-Apr-20	0,01	12:00	427,9275	24	17,830

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Tanggal	Kedalaman (cm)	Jam Pengamatan	m_w (cm^3)	t (jam)	Laju Evaporasi (ml/Jam)
07-Apr-20	0	12:00	22,5225	24	0,938
08-Apr-20	0	12:00	0	0	0,000
09-Apr-20	0	8:00	0	0	0,000

Gambar 4.15 dan tabel 4.33 menunjukkan bahwa dihari pertama cuaca yang cenderung panas dan mendung dipagi hingga sore hari, akan tetapi tetap mendapatkan durasi penyinaran matahari selama 8 jam penuh, pada hari ini perlakuan 1 kalor yang didapatkan sebesar 49 kJ dan menghasilkan nilai laju evaporasi sebesar 0 ml/jam dalam waktu 4 jam setelah air laut dimasukkan pada pukul 08.00 WIB sebanyak 1,5 liter. Pada hari kedua dengan cuaca panas pada pagi hari, akan tetapi pada tengah hari terjadi hujan, kemudian cuaca kembali panas pada jam 13.00 – 14.00, dan pukul 15.00 terjadi hujan hingga malam hari, durasi penyinaran matahari 6 jam sehingga nilai kalor kumulatifnya sebesar 77 kJ dan setelah 24 jam dari hari pertama maka nilai laju evaporasi dihari kedua sebesar 39,170 ml/jam. Pada hari ketiga cuaca panas dipagi hari hingga siang hari, tetapi terjadi hujan pada pukul 14.00 – 16.00 WIB sehingga durasi penyinaran matahari hanya selama 5 jam, dihari ketiga perlakuan 1 menghasilkan kalor kumulatif sebesar 108 kJ dengan nilai laju evaporasinya sebesar 35,661 ml/jam. Hari keempat cuaca panas dipagi hari hingga menjelang tengah hari, akan tetapi pada tengah hari terjadi hujan dan cuaca kembali panas pada pukul 13.00 – 15.00 WIB, setelah pengukuran pukul 15.00 hujan turun kembali hingga malam hari, durasi penyinaran matahri terhadap aquarium percobaan hanya selama 6 jam, kalor kumulatif dihasilkan sebesar 133 kJ dan nilai laju evaporasinya 16,647 ml/jam. Pada hari kelima cuaca cenderung panas dan mendung beberapa kali, sehingga durasi penyinaran radiasi matahari cukup lama yakni 8 jam, dan kalor kumulatif yang dihasilkan sebesar 179 kJ dan laju evaporasinya sebesar 16,892 ml/jam. Hari keenam cuaca panas dan beberapa kali terjadi mendung, durasi penyinaran matahari 8 jam sehingga kalor kumulatif semakin meningkat dengan total 230 kJ, untuk laju evaporasinya pada hari keenam sebesar 15,953 ml/jam. Pada hari ketujuh suhu panas pada pagi hari hingga menjelang tengah hari, pada tengah hari hingga sore hari terjadi hujan sehingga durasi penyinaran matahari hanya selama 4 jam, nilai

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

kalor kumlatif 247 kJ pada hari ketujuh sebesar 17,830 ml/jam pada hari ini air garam sudah mulai mengkristal karena air sudah menguap sempurna. Hari kedelapan durasi penyinaran matahari cukup lama yakni selama 6 jam, karena cuaca panas dipagi hingga siang hari hari dan hujan turun pada pukul 15.00 WIB hingga malam hari akibatnya nilai kalor kumulatif hanya sebesar 277 kJ dan laju evaporasinya sebesar 0,938 ml/jam hingga pada hari kesepuluh nilai kalor kumulatifnya sebesar 303 kJ untuk hari kesembilan dan 319 kJ untuk hari kesepuluh serta nilai laju evaporasinya sebesar 0 ml/jam. Pada hari kedelapan hingga hari kesepuluh, penguapan digunakan untuk pengeringan garam karena proses pengeringan garam lebih lama akibat cuaca yang cenderung mendung dan hujan. Garam kering dan siap panen pada hari sepuluh pukul 08.00 WIB dengan kalor kumulatif sebesar 319 kJ. Adapun gejala klinis yang diamati selama percobaan 3 pada perlakuan 2 dapat dilihat pada tabel 4.34 sebagai berikut

Tabel 4.34. Data Pengamatan Proses Evaporasi Air Garam Pada Perlakuan 3 Percobaan ke-3

Tanggal	Keterangan (Jam pengamatan dan kondisi air garam / garam)
31 Maret 2020	08.00 salinitas 31‰ 11.00 salinitas 45‰, terdapat gelembung udara 12.00 (*initial depth* air garam) 13.00 gelembung udara semakin banyak 14.00 salinitas 58‰
1 April 2020	08.00 salinitas 60‰ 11.00 salinitas 69‰, terdapat gelembung udara 12.45 masih berupa air garam 12.00 Hujan (menutup aquarium percobaan) 13.00 – 14.50 Panas (membuka penutup aquarium percoban) 14.00 salinitas 78‰, terdapat gelembung udara 15.00 – 16.00 Hujan (menutup aquarium percobaan)
2 April 2020	08.00 salinitas 78‰ 11.00 salinitas 85‰, terdapat gelembung udara 12.00 masih berupa air garam

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Tanggal	Keterangan (Jam pengamatan dan kondisi air garam / garam)
	14.00 – 16.00 Hujan (menutup aquarium percobaan)
3 April 2020	08.00 salinitas 87‰, terdapat gelembung udara 11.00 salinitas 98‰, gelembung udara hampir seluruh bagian pinggiran permukaan 11.50 masih berupa air garam 12.00 Hujan (menutup aquarium percobaan) 13.00 – 15.00 Panas (membuka penutup aquarium percoban) 14.00 salinitas di atas 100‰, terdapat gelembung udara seluruh bagian pinggiran permukaan 16.00 Hujan (menutup aquarium percobaan)
4 April 2020	12.00 masih berupa air garam
5 April 2020	12.00 masih berupa air garam 16.00 air garam hampir menguap sempurna
6 April 2020	11.50 air garam menguap sempurna 12.00 – 16.00 Hujan (menutup aquarium percobaan)
7 April 2020	08.30 air garam mulai mengkristal 09.30 garam basah 11.00 garam mengering dan memutih 13.30 ½ bagian garam kering 15.00 – 16.00 Hujan (menutup aquarium percobaan)
8 April 2020	08.00 garam basah 09.00 ½ bagian garam kering 10.00 ¾ bagian garam kering 11.00 garam kering kurang 12.30 – 16.00 Hujan (menutup aquarium percobaan)
9 April 2020	08.00 garam kering, siap panen
Total Garam yang dihasilkan pada Perlakuan 3 Percobaan ke-3 = 48 gram	

Berdasarkan hasil pengolahan data kalor dan laju evaporasi yang dihubungkan dengan pengamatan gejala klinisnya maka perlakuan ketiga dapat

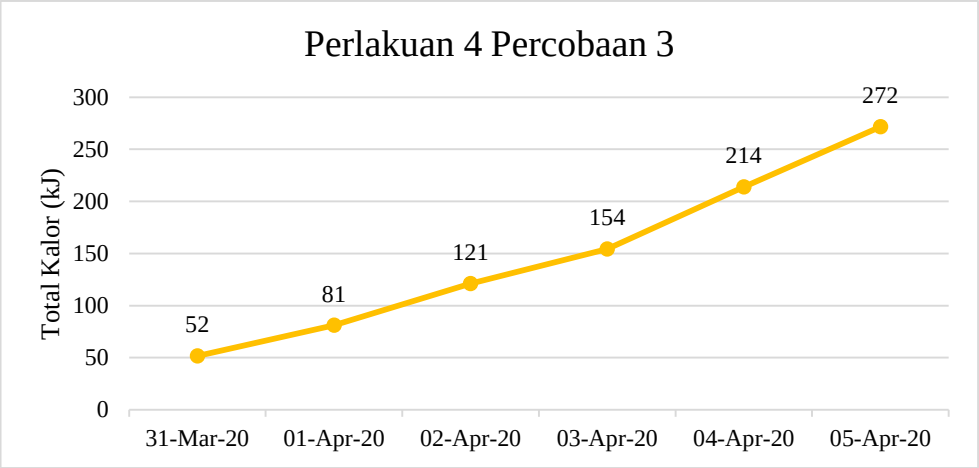
digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

menghasilkan garam kering pada hari kesepuluh pukul 10.00 WIB, dimana dalam 1,5 liter air laut membutuhkan kalor sebanyak 319 kJ untuk menghasilkan garam sebanyak 48 gram / 2252.25 cm^2. Panen pada perlakuan 3 dilakukan pada hari kesepuluh karena adanya cuaca yang tidak menentu sehingga hujan tidak dapat diprediksi, hal ini menganggu waktu panen garam dikarenakan garam kembali basah sesaat sebelum dipanen yang mengakibatkan penambahan waktu jemurnya. Oleh karena itu untuk menghindari peristiwa *case hardening* pada garam atau proses yang pengeringan yang terjadi akibat adanya suhu tinggi sehingga proses pemanasan yang terjadi terlalu cepat dan dapat mengakibatkan pengeringan yang tidak rata dimana pada bagian permukaan luar garam kering lebih cepat, sedangkan pada bagian dalamnya terlambat kering (Tri, 2019) maka panen dilakukan diharo kesepuluh. Menurut Djoko Wilarso dan Wahyuningsih (1995) *dalam* Gustiawati (2016) Peristiwa *case hardening* tersebut dapat terjadi karena adanya faktor laju evaporasi yakni suhu dan udara yang tidak sesuai

4.2.3.4 Laju Evaporasi Perlakuan 4

Pada perlakuan 4 percobaan ketiga laju penguapan sangat cepat dimana garam dipanen pada hari keenam setelah pengukuran suhu pukul 14.00 WIB. Penambahan material seng datar dan besi *hollow* mampu mempercepat laju evaporasi karena besi *hollow* memiliki nilai kalor penguapan sebesar 340 Kj/mol dan titik didih 2862°C (Okamoto, 1992) nilai ini lebih besar dibandingkan seng yang nilai kalor penguapannya sebesar 123,6 Kj/mol dengan titik didih 900°C (Nunes, et al., 1992). Akibanya perlakuan 3 menghasilkan kalor yang lebih besar sehingga laju penguapan terjadi lebih cepat. Untuk lebih jelasnya mengenai hubungan kalor yang dihasilkan oleh perlakuan 4 dengan laju evaporasi dapat dilihat pada gambar 4.16 dan tabel 4.35 berikut ini

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id



Gambar 4.16. Kalor Kumulatif Pada Perlakuan 4 Percobaan 3

Hasil dari pengambilan data kedalaman selanjutnya dilakukan perhitungan laju evaporasi dengan menggunakan persamaan 12. m_w adalah volume air yang terevaporasi yang didapat dari perkalian antara luas permukaan akuarium (2252.25 cm^2) dan selisih kedalaman air dari pengamatan saat ini dikurangi dengan pengamatan sebelumnya. Adapun t adalah selisih waktu antara pengamatan saat ini dikurangi dengan pengamatan sebelumnya. Sehingga hasil dari laju evaporasi air garam pada perlakuan 1 dapat dilihat pada tabel 4.35 di bawah ini.

Tabel 4.35. Laju Evaporasi Air Garam pada Perlakuan 4 Percobaan 3

Tanggal	**Kedalaman (cm)**	**Jam Pengamatan**	**m_w (cm^3)**	**t (jam)**	**Laju Evaporasi (ml/Jam)**
31 Maret 2020	1,5	12:00	0	0	-
01-Apr-20	1	12:00	1126,125	23	48,962
02-Apr-20	0,6	12:00	900,9	24	37,538
03-Apr-20	0,4	12:00	450,45	23	19,585
04-Apr-20	0,2	12:00	450,45	24	18,769
05-Apr-20	0	13:20	450,45	24	18,769

Gambar 4.17 dan tabel 4.35 menunjukkan bahwa dihari pertama cuaca yang cenderung panas dan mendung dipagi hingga sore hari, akan tetapi tetap mendapatkan durasi penyinaran matahari selama 8 jam penuh, pada hari ini perlakuan 4 kalor yang didapatkan sebesar 52 kJ dan menghasilkan nilai laju evaporasi sebesar 0 ml/jam dalam waktu 4 jam setelah air laut dimasukkan pada

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

pukul 08.00 WIB sebanyak 1,5 liter. Pada hari kedua dengan cuaca panas pada pagi hari, akan tetapi pada tengah hari terjadi hujan, kemudian cuaca kembali panas pada jam 13.00 – 14.00, dan pukul 15.00 terjadi hujan hingga malam hari, durasi penyinaran matahari 6 jam sehingga nilai kalor kumulatifnya sebesar 81 kJ dan setelah 24 jam dari hari pertama maka nilai laju evaporasi dihari kedua sebesar 48,962 ml/jam. Pada hari ketiga cuaca panas dipagi hari hingga siang hari, tetapi terjadi hujan pada pukul 14.00 – 16.00 WIB sehingga durasi penyinaran matahari hanya selama 5 jam, dihari ketiga perlakuan 1 menghasilkan kalor kumulatif sebesar 121 kJ dengan nilai laju evaporasinya sebesar 37,538 ml/jam. Hari keempat cuaca panas dipagi hari hingga menjelang tengah hari, akan tetapi pada tengah hari terjadi hujan dan cuaca kembali panas pada pukul 13.00 – 15.00 WIB, setelah pengukuran pukul 15.00 hujan turun kembali hingga malam hari, durasi penyinaran matahri terhadap aquarium percobaan hanya selama 6 jam, kalor kumulatif dihasilkan sebesar 154 kJ dan nilai laju evaporasinya 19,585 ml/jam. Pada hari kelima cuaca cenderung panas dan mendung beberapa kali, sehingga durasi penyinaran radiasi matahari cukup lama yakni 8 jam, dan kalor kumulatif yang dihasilkan sebesar 214 kJ dan laju evaporasinya sebesar 18,769 ml/jam, dan pada pukul 14.00 WIB air garam sudah menguap sempurna. Hari keenam cuaca panas dan beberapa kali terjadi mendung, durasi penyinaran matahari 8 jam sehingga kalor kumulatif semakin meningkat dengan total 272 kJ, untuk laju evaporasinya pada pukul 12.00 WIB dihari keenam yakni sebesar 18,769 ml/jam. Akan tetapi garam baru kering pada pukul 13.20 WIB dan dipanen pada pukul 14.00 WIB. Adapun gejala klinis yang diamati selama percobaan 4 pada perlakuan 2 dapat dilihat pada tabel 4.36 sebagai berikut

Tabel 4.36. Data Pengamatan Proses Evaporasi Air Garam Pada Perlakuan 4 Percobaan ke-3

Tanggal	Keterangan (Jam pengamatan dan kondisi air garam / garam)
31 Maret 2020	08.00 salinitas 31‰ 11.00 salinitas 48‰, terdapat gelembung udara 12.00 (*initial depth* air garam) 13.00 gelembung udara semakin banyak

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Tanggal	Keterangan (Jam pengamatan dan kondisi air garam / garam)
	14.00 salinitas 59‰
1 April 2020	08.00 salinitas 60‰ 11.00 salinitas 72‰, gelembung udara hampir seluruh pinggiran permukaan 11.40 masih berupa air garam 12.00 Hujan (menutup aquarium percobaan) 13.00 - 14.50 Panas (membuka penutup aquarium percobaan) 14.00 salinitas 81‰, terdapat gelembung udara 15.00 – 16.00 Hujan (menutup aquarium percobaan)
2 April 2020	08.00 salinitas 82‰ 11.00 salinitas 93‰, gelembung udara hampir seluruh pinggiran permukaan 12.00 masih berupa air garam 14.00 – 16.00 Hujan (menutup aquarium percobaan)
3 April 2020	08.00 salinitas 93‰, 11.00 salinitas di atas 100‰, terdapat gelembung udara seluruh bagian pinggiran permukaan 12.00 masih berupa air garam 12.00 Hujan (menutup aquarium percobaan) 13.00 – 15.00 Panas (membuka penutup aquarium percobaan) 16.00 Hujan (menutup aquarium percobaan)
4 April 2020	12.00 masih berupa air garam dengan ketinggian 0,2 cm 14.00 air garam menguap sempurna 15.00 air garam mulai mengkristal 16.00 garam basah
5 April 2020	08.00 garam basah 09.00 garam mulai mengering dan memutih 10.00 ¼ bagian garam kering 10.30 ½ bagian garam kering 12.00 ¾ garam kering

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Tanggal	Keterangan (Jam pengamatan dan kondisi air garam / garam)
	13.20 garam kering, siap panen
Total Garam yang dihasilkan pada Perlakuan 4 Percobaan ke-3 = 48 gram	

Hasil pengolahan data kalor dan laju evaporasi yang dihubungkan dengan pengamatan gejala klinisnya maka perlakuan keempat dapat menghasilkan garam kering pada hari keenam setelah pukul 13.20 WIB, dimana dalam 1,5 liter air laut membutuhkan kalor sebanyak 272 kJ untuk menghasilkan garam sebanyak 46 gram / 2252.25 cm^2. Berdasarkan standart SNI garam dapat dipanen apabila air laut yang sudah berubah menjadi garam berwarna putih dan memiliki kandungan kadar air sebesar ≤ 7% (Rusiyanto, et al., 2013).

4.3 Perbandingan Kalor dan Laju evaporasi

Penelitian ini dilakukan pada bulan Maret – April, dimana pada bulan tersebut termasuk dalam kategori triwulan pertama akhir dan mulai masuk pada triwulan yang kedua sehingga kondisi El-Nino lebih rendah dari peluang La-Nina dengan kata lain curah hujan selalu lebih tinggi dibandingkan laju evaporasi (Sartono, et al., 2013). Selama percobaan cuaca lebih cenderung mendung mengakibatkan udara lebih lembab karena kelembaban udara relatif lebih tinggi, hal tersebut berpengaruh terhadap daya serap kalor disetiap perlakuan sehingga berpengaruh terhadap laju evaporasi. Wirasantosa (2005) menambahkan bahwa kelembaban udara pada daerah tropis cukup tinggi yakni di atas (>) 60%. Hasil dari hasil pengukuran kalor dengan suhu dan kelembaban udara selama percobaan dilakukan dapat dilihat dalam tabel 4.37 sebagai berikut

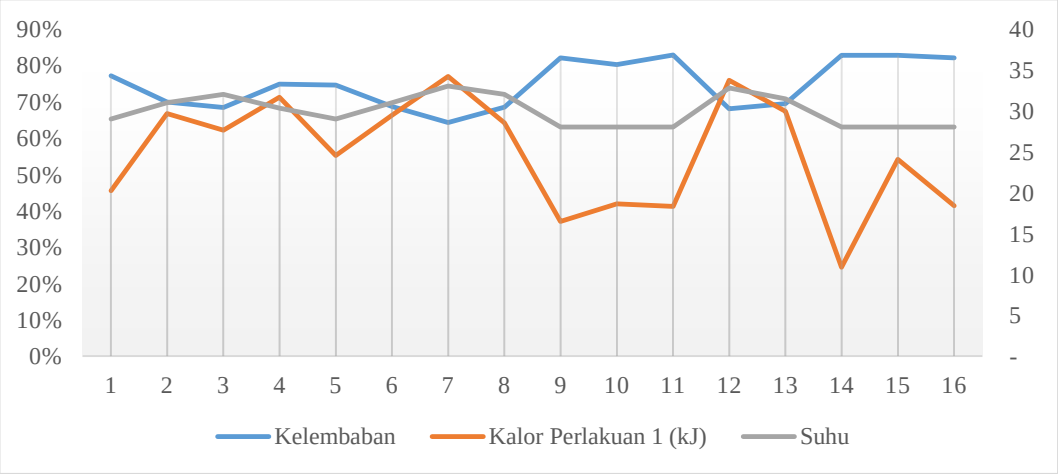
Tabel 4.37. Hasil Pengukuran Kalor, Suhu Lingkungan dan Kelembaban Selama Percobaan

Percobaan	Kelembaban	Suhu Lingkungan	Kalor Perlakuan 1 (kJ)	Kalor Perlakuan 2 (kJ)	Kalor Perlakuan 3 (kJ)	Kalor Perlakuan 4 (kJ)
1	77%	30	20	24	34	43
2	70%	31	30	39	53	62
3	68%	32	28	38	53	60
4	75%	30	32	35	52	56
5	75%	29	25	30	39	48

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

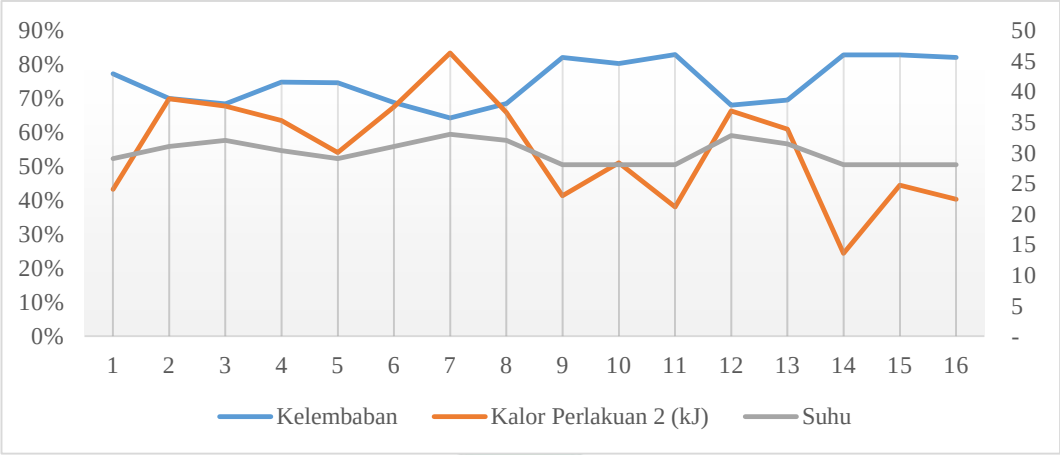
Percobaan	Kelembaban	Suhu Lingkungan	Kalor Perlakuan 1 (kJ)	Kalor Perlakuan 2 (kJ)	Kalor Perlakuan 3 (kJ)	Kalor Perlakuan 4 (kJ)
6	69%	31	29	37	42	52
7	64%	33	34	46	49	60
8	68%	32	29	37	49	52
9	82%	28	16	23	28	29
10	80%	28	19	28	31	40
11	83%	28	18	21	25	33
12	68%	33	34	37	47	59
13	69%	31	30	34	51	58
14	83%	28	11	14	17	-
15	83%	28	24	25	30	-
16	82%	28	18	22	25	-
Rata2	75%	30	25	31	39	50

Jika tabel 4.37 ditampilkan dalam bentuk grafik maka menunjukkan hubungan bahwa kalor berbanding lurus dengan kenaikan suhu akan tetapi berbanding dengan kelembaban udara. Berikut merupakan grafik yang menunjukkan hubungan kalor, suhu dan kelembaban disetiap perlakuan

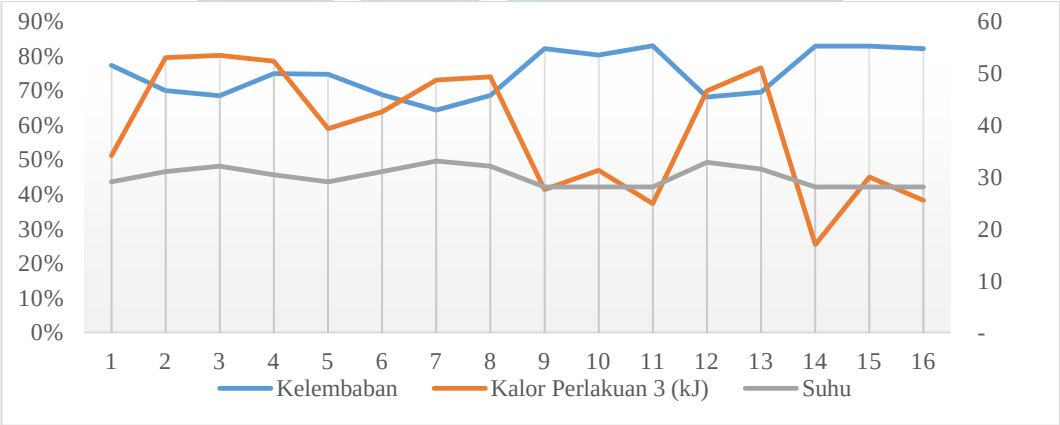


Gambar 4.17. Kalor dan Kelembaban Pada Perlakuan 1

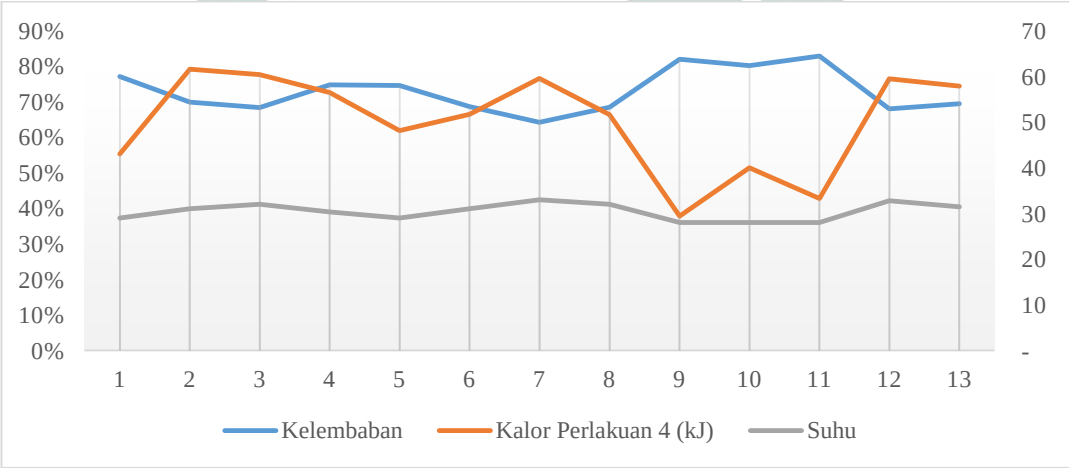
digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id



Gambar 4.18. Kalor dan Kelembaban Pada Perlakuan 2



Gambar 4.19. Kalor dan Kelembaban Pada Perlakuan 3



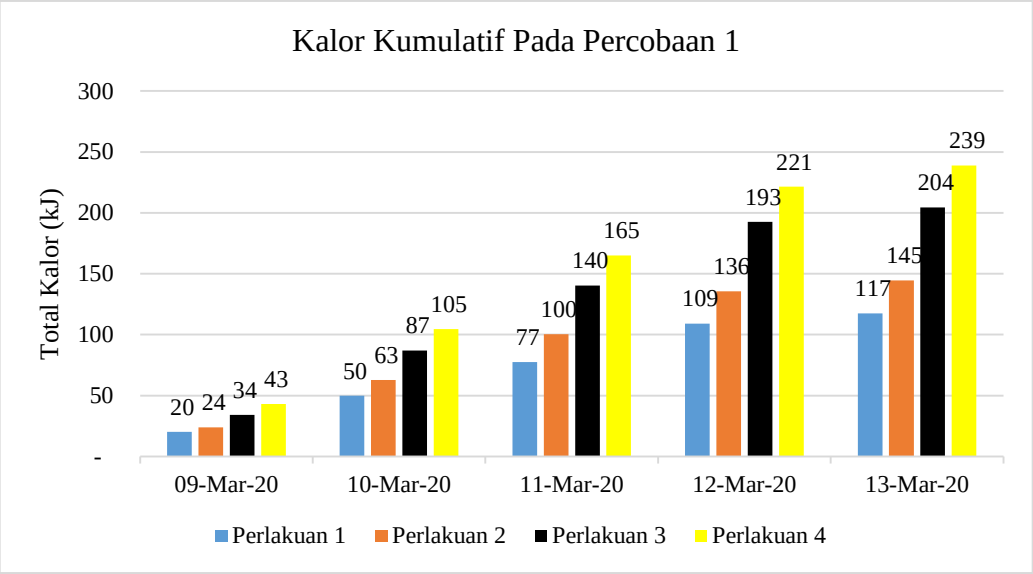
Gambar 4.20. Kalor dan Kelembaban Pada Perlakuan 4

Berdasarkan gambar grafik di atas menunjukkan bahwa apabila suhu lingkungan tinggi (cuaca panas) maka kalor meningkat dan kelembapan udara rendah, akan tetapi jika kelembapan udara tinggi (cuaca mendung atau hujan) maka

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

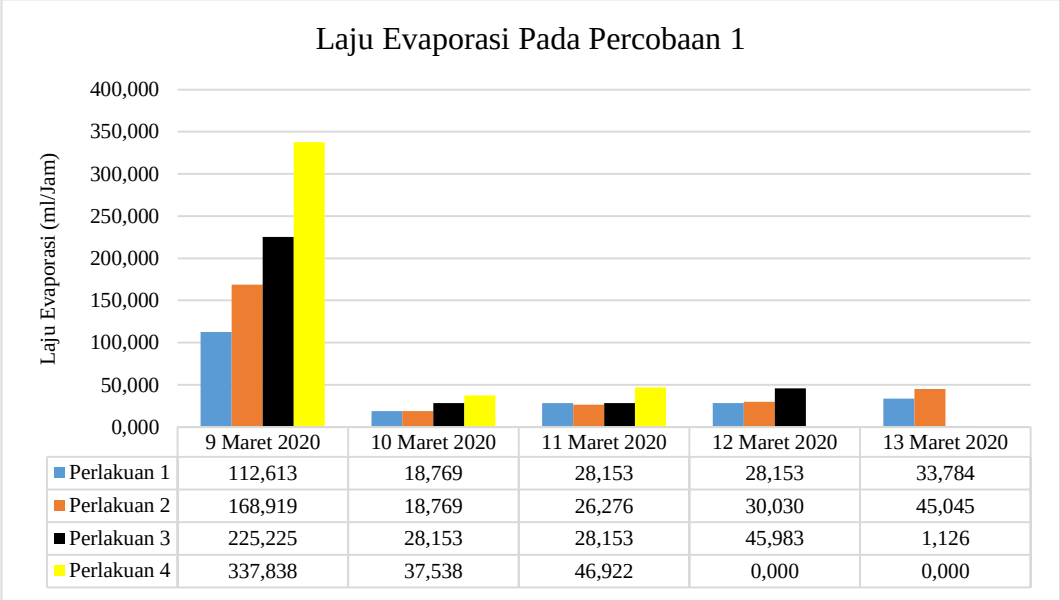
suhu lingkungan dan kalor yang diserap setiap perlakuan menurun dimana semakin tinggi kelembaban udara maka kalor yang dihasilkan semakin rendah dan berlaku sebaliknya. Pada grafik di atas selain cuaca, nilai kalor yang dihasilkan juga dipengaruhi oleh adanya konveksi air dimana ketika air garam sudah menguap sempurna maka kalor yang dihasilkan juga akan semakin besar. Total hari pada perlakuan 1, perlakuan 2 dan perlakuan 3 membutuhkan waktu 16 hari selama percobaan, akan tetapi pada perlakuan 4 hanya membutuhkan waktu 13 hari, hal ini karena massa besi lebih besar dibandingkan seng sehingga nilai kapasitas kalor pada besi lebih tinggi dibandingkan seng, oeh karena itu laju evaporasi besi lebih cepat dibandingkan perlakuan yang hanya mendapatkan tambahan material seng saja, atau tanpa tambahan alas. Dengan demikian dalam percobaan ini yang berpengaruh besar dalam meningkatkan jumlah kalor yakni adanya tambahan material logam konduktor sebagai alas dalam sistem tertutup yang dapat memberikan transfer panas cukup besar sehingga dapat berdampak pada singkatnya waktu laju evaporasi. Tyas & Wirosoedarmo (2014) menambahkan bahwa kalor berbanding lurus dengan laju evaporasi. Berdasarkan pernyataan tersebut maka setelah dilakukan percobaan sebanyak tiga kali menunjukkan bahwasannya disetiap percobaan menghasilkan nilai kalor yang berbeda-beda sehingga waktu yang dibutuhkan untuk laju evaporasi air garam juga berbeda sesuai kondisi cuaca pada saat percobaan dilakukan. Pada percobaan 1 dengan kondisi cuaca panas akan tetapi terjadi hujan sebanyak 2 kali selama percobaan maka hasilnya nilai kalor dan laju evaporasi pada perlakuan 4 paling cepat dan untuk laju evaporasi paling lambat dan nilai kalor paling kecil terjadi pada perlakuan 1. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 4.3-5 menunjukkan kalor kumulatif selama percobaan 1 dan 4.3-6 menunjukkan laju evaporasi selama percobaan 1

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id



Gambar 4.21. Kalor Kumulatif Pada Percobaan 1

-



	9 Maret 2020	10 Maret 2020	11 Maret 2020	12 Maret 2020	13 Maret 2020
Perlakuan 1	112,613	18,769	28,153	28,153	33,784
Perlakuan 2	168,919	18,769	26,276	30,030	45,045
Perlakuan 3	225,225	28,153	28,153	45,983	1,126
Perlakuan 4	337,838	37,538	46,922	0,000	0,000

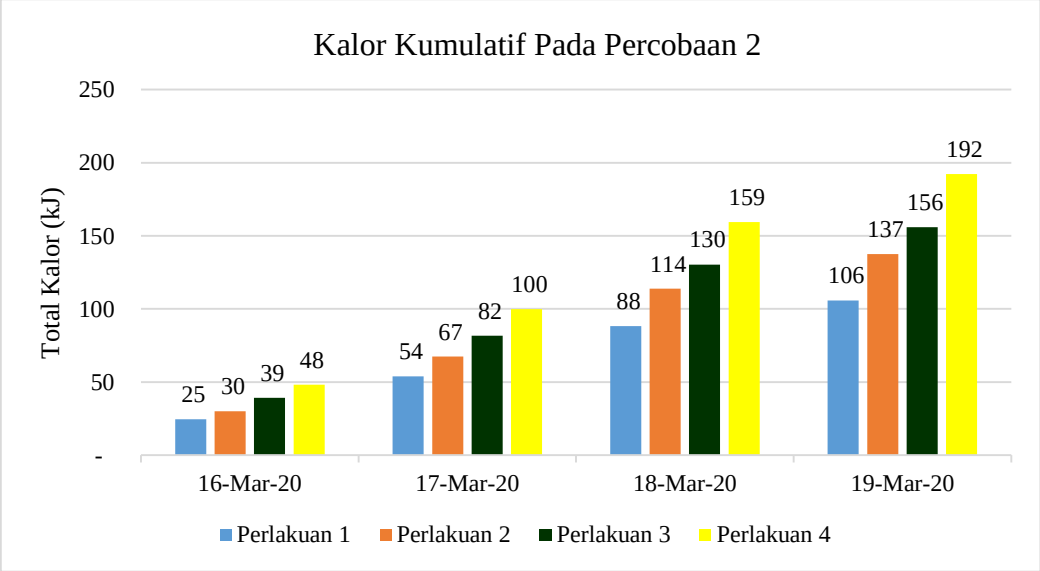
Gambar 4.22. Laju Evaporasi Tiap Perlakuan Pada Percobaan 1

Gambar 4.21 dan gambar 4.22 menjelaskan bahwa perlakuan 1 air garam menguap sempurna pada hari ke lima pukul 08.45 pada kalor 114,66 Kj dan garam kering pada hari ke lima pukul 13.00 pada kalor 117 kJ, pada perlakuan 2 air garam menguap sempurna dihari kelima pukul 08.00 pada kalor 138,36 kJ dan garam kering pada hari ke lima pukul 10.00 pada kalor 145 kJ, sedangkan pada perlakuan 3 air garam menguap sempurna hari ke empat pukul 13.00 pada kalor 164,09 kJ dan

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

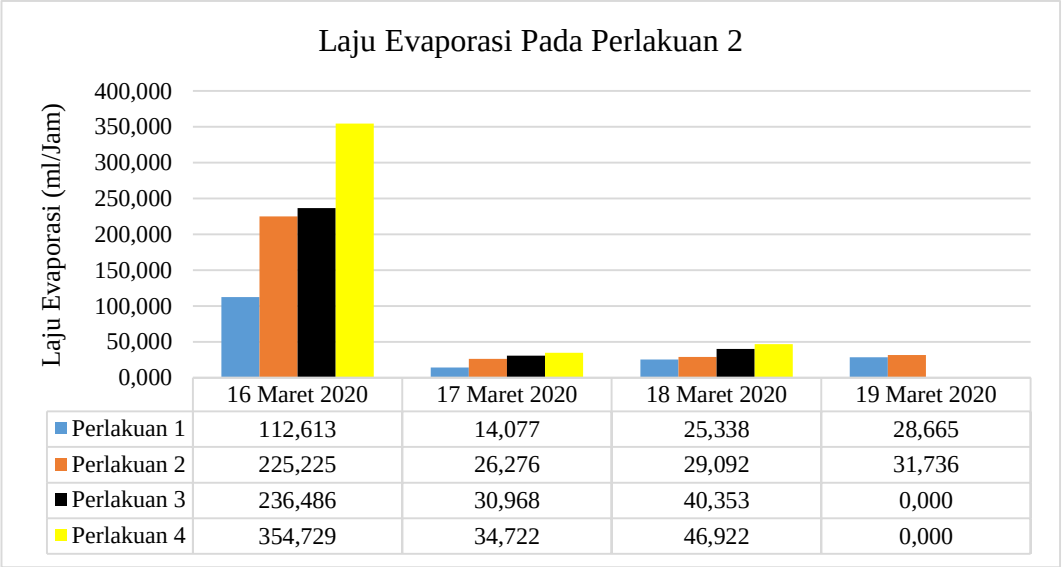
garam kering pada hari ke lima pukul 09.00 pada kalor 204 kJ dan terakhir yakni pada perlakuan 4 air garam menguap sempurna pada hari ke tiga pukul 12.00 dengan kalor 145,16 kJ, garam kering pada hari ke empat pukul 09.30 akan tetapi untuk menghindari peristiwa case hardening pada garam maka garam pada perlakuan 4 tetap dijemur hingga hari ke lima pukul 08.00 dengan kalor sebesar 239 kJ.

Pada percobaan kedua kalor kondisi cuaca sangat panas dan tanpa hujan sehingga kelembaban udara cukup kering sehingga laju evaporasi dan nilai kalor paling besar terjadi pada perlakuan 4 dan laju evaporasi paling lambat dengan nilai kalor paling rendah terjadi pada perlakuan 1. Untuk lebih jelasnya mengenai kalor dan laju evaporasi dapat dilihat pada gambar 4.3-7 menunjukkan nilai kalor kumulatif selama percobaan 2 dan 4.3-8 menunjukkan laju evaporasi selama percobaan 2 berikut ini



Gambar 4.23. Kalor Kumulatif Pada Percobaan ke 2

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

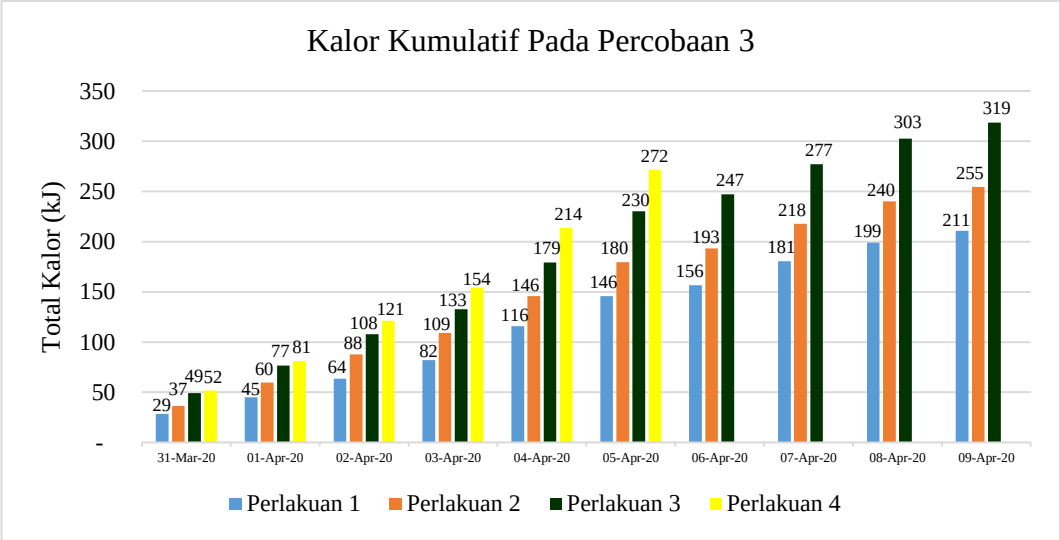


Gambar 4.24. Laju Evaporasi Tiap Perlakuan Pada Percobaan 2

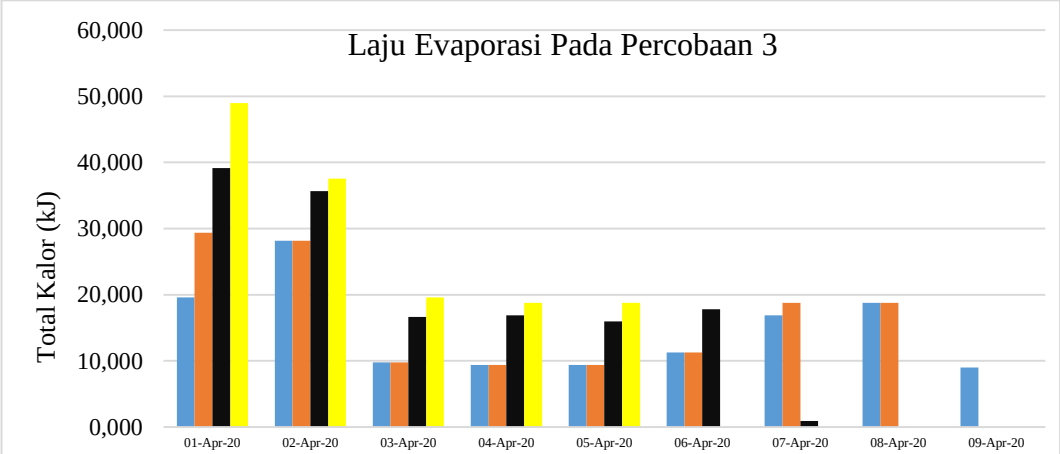
Gambar 4.23 dan gambar 4.24 menjelaskan bahwa perlakuan 1 air garam menguap sempurna pada hari ke empat pukul 11.00 pada kalor 105,87 Kj sedangkan garam pada pukul 13.00 pada kalor 106 kJ, pada perlakuan 2 air garam menguap sempurna dihari ke empat pukul 10.30 pada kalor 129,47 kJ dan garam kering pada pukul 12.40 dengan kalor sebesar 137 kJ, sedangkan pada perlakuan 3 air garam menguap sempurna hari ke empat pukul 08.00 pada kalor 134,74 kJ serta garam kering pada pukul 11.00 dengan kalor sebesar 156 kJ dan terakhir yakni pada perlakuan 4 air garam menguap sempurna pada hari ke tiga pukul 13.00 dengan kalor 142,84 kJ sedangkan garam kering pada hari ke empat pukul 09.00 pada kalor sebesar 192 kJ.

Pada percobaan ketiga kondisi cuaca tidak mendukung proses produksi garam karena cuaca pada percobaan ketiga cenderung mendung dan hujan terjadi hampir setiap hari kecuali tiga hari yakni hari pertama, hari kelima dan hari kenam. Dengan kondisi cuaca demikian maka laju evaporasi cenderung lebih lambat karena kalor setiap harinya lebih rendah jika dibandingkan dengan percobaan sebelumnya. Untuk mengetahui kalor dan laju evaporasi dala perlakuan ke tiga maka dapat dilihat pada gambar 4.3-9 menunjukkan nilai kalor kumulati selama percobaan 3 dan 4.3-10 menunjukkan laju evaporasi selama percobaan 3 berikut ini

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id



Gambar 4.25. Kalor Kumulatif Pada Percobaan ke 3



	01-Apr-20	02-Apr-20	03-Apr-20	04-Apr-20	05-Apr-20	06-Apr-20	07-Apr-20	08-Apr-20	09-Apr-20
Perlakuan 1	19,585	28,153	9,792	9,384	9,384	11,261	16,892	18,769	9,009
Perlakuan 2	29,377	28,153	9,792	9,384	9,384	11,261	18,769	18,769	0,000
Perlakuan 3	39,170	35,661	16,647	16,892	15,953	17,830	0,938	0,000	0,000
Perlakuan 4	48,962	37,538	19,585	18,769	18,769	0,000	0,000	0,000	0,000

Gambar 4.26. Laju Evaporasi Tiap Perlakuan Pada Percobaan 3

Gambar 4.3-5 dan gambar 4.3.6 menjelaskan bahwa perlakuan 1 air garam menguap sempurna pada hari ke sepuluh pukul 08.30 pada kalor 205,54 Kj dan garam kering pada hari kesepuluh pukul 10.30 pada kalor 211 kJ, pada perlakuan 2 air garam menguap sempurna dihari ke sembilan pukul 09.00 pada kalor 226,80 kJ sedangkan garam kering pada hari ke sepuluh pukul 10.00 dengan kalor sebesar 255 kJ, sedangkan pada perlakuan 3 air garam menguap sempurna hari ke tujuh pukul

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

11.50 pada kalor 208,44 kJ garam kering pada hari kesembilan pukul 11.00 akan tetapi untuk menghindari peristiwa *case hardening* maka garam tetap dibiarkan dalam wadah hingga pada hari kesepuluh pukul 08.00 dengan kalor 319 kJ dan terakhir yakni pada perlakuan 4 air garam menguap sempurna pada hari ke lima pukul 14.00 dengan kalor 201,32 kJ sedangkan garam kering pada hari ke enam pukul 13.20 dengan kalor sebesar 272 kJ.

Berdasarkan uji lapangan yang telah dilakukan, maka kalor dihasilkan tiap perlakuan berbeda-beda tergantung variasi model alas meja kristalisasi garam, adanya pnembahan material logam dapat mempengaruhi waktu laju evaporasi air garam dan hasil garam yang didapatkan. Pada perlakuan 1 kalor yang dihasilkan rendah sehingga laju evaporasinya terjadi lebih lambat. Sedangkan pada perlakuan 2 dengan kalor yang dihasilkan nilainya lebih tinggi maka laju evaporasinya lebih cepat dibandingkan perlakuan 1. Pada perlakuan 3 dengan adanya tambahan alas sebanyak 2 lapisan kalor yang dihasilkan cukup besar dan laju evaporasinya cepat, dan pada perlakuan 4 jumlah kalor yang dihasilkan selalu paling besar sehingga laju evaporasi pada perlakuan 4 lebih pendek/singkat. Adanya variasi tersebut karena terdapat salah satu faktor proses perpindahan panas yang bergantung pada sifat permukaan bahan yang digunakan (Nurachmandani, 2009). Dalam penelitian ini aquarium yang mendapat alas tambahan menghasilkan nilai kalor yang besar, karena sifat dari material logam yang digunakan dimana seng memiliki sifat mekanik dengan nilai konduktivitas sebesar 104,7 W.m/K, titik lebur 420°C dan titik didih 900°C lebih rendah (Nunes, et al., 1992). Sedangkan material besi memiliki nilai konduktivitasnya sebesar 74,48 W.m/K (Akridge, 2007), titik lebur 1536°C dan titik didih 2862°C (Okamoto, 1992). Dengan titik didih yang lebih tinggi maka kalor penguapan besi lebih tinggi yakni sebesar 340kJ/mol (Tyas & Wirosoedarmo, 2014) sedangkan seng besar kalor penguapan yakni 123,6 kJ/mol (Baihaqi, 2017). Menurut Tyas & Wirosoedarmo (2014) menjelaskan lebih jika suhu berbanding lurus dengan kalor, sehingga dengan adanya penambahan alas di bawah *geomembran* HDPE berupa material logam yang bersifat konduktor mampu meningkatkan kalor yang lebih tinggi. Apabila selama percobaan dilakukan rata-rata akan menghasilkan nilai seperti tabel 4.38 di bawah ini

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Tabel 4.38. Rata-rata Kalor, Laju Evaporasi dan Garam yang Dihasilkan

Perlakuan	x̄ kalor (kJ)	x̄ laju evaporasi (ml/jam)	x̄ garam (gr/2252.25 cm^2)
1	145	177,716	46
2	179	248,713	47
3	226	271,543	48
4	234	333,753	48

Tabel 4.38 menujukkan bahwasannya dari 8 jam pengamatan maka rata-rata kalor yang dihasilkan pada perlakuan 4 dengan adanya penambahan material seng dan besi pada model alas meja kristalisasi rata-rata pelepasan kalor yang dihasilkan ebih tinggi dibandingkan perlakuan lainnya yakni 234 kJ dan rata-rata laju evaporasinya sebesar 333,753 ml/jam, hal tersebut menunjukkan bahwa kalor berbanding lurus dengan laju evaporasi, semakin besar kalor yang dihasilkan maka laju evaporasi akan tinggi (Gustiawati, 2016), dan hasil garam yang diperoleh dari perlakuan 4 rata-rata yakni 48 gram/2252.25 cm^2. Adanya perbedaan jumlah garam 1 – 2 gram yang dihasilkan disetiap perlakuan, karena terdapat tambahan material lain selain NaCl seperti debu.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

"halaman ini sengaja dikosongkan"

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

BAB V
PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan pada studi variasi model alas meja kristalisasi garam dengan penambahan material logam ini, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Seng (Zn) dan besi (Fe) merupakan material logam yang bersifat konduktor, adanya penambahan material tersebut dalam variasi model alas meja kristalisasi garam berpengaruh langsung dalam memperbesar kalor yang dihasilkan. Dengan menggunakan sinar matahari sebagai sumber utama energinya maka model ladang garam yang menggunakan variasi alas dengan penambahan lapisan seng dan besi mampu menghasilkan kalor paling besar dengan nilai rata-rata total kalornya yakni 234 kJ/2252.25 cm^2 sedangkan untuk model ladang garam hanya beralas *geomembran* HDPE menghasilkan 145 kJ/2252.25 cm^2, 179 kJ/ 2252.25 cm^2 pada variasi alas satu lapisan seng dan 226 kJ/2252.25 cm^2 pada dua lapisan seng berbeda bentuk.
2. Cuaca merupakan faktor utama dalam menentukan besarnya nilai kalor yang dihasilkan dan berpengaruh langsung terhadap waktu laju evaporasi air garam. Semakin rendah persentase kelembaban udara maka pelepasan kalor dan laju evaporasi akan semakin tinggi. Berdasarkan waktu yang dibutuhkan maka laju evaporasi disetiap variasi model meja kristalisasi garam menghasilkan nilai 177,716 ml/jam pada tanpa variasi alas yang membutuhkan waktu 5 - 10 hari dengan kelembaban udara 75% - 78% untuk penguapan air garam yang sempurna, 248,713 ml/jam pada satu lapisan variasi alas seng dengan waktu 5 - 9 hari dengan kelembaban udara 75% - 77% untuk penguapan air garam yang sempurna dengan selisih waktu ½ jam lebih cepat dibandingkan tanpa variasi alas, 271,543 ml/jam pada dua lapisan variasi alas seng berbeda bentuk, yang membutuhkan waktu 4 – 7 hari pada kelembaban udara 71% - 76% untuk penguapan air garam yang sempurna dan 333,753 ml/jam pada dua lapisan variasi alas

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

berbeda material yakni seng dan besi dengan waktu yang dibutuhkan 3 – 5 hari pada kelembaban udara 69% - 76% agar penguapan air garam kering sempurna.

5.2 Saran

1. Penelitian selanjutnya dapat dilakukan pada musim kemarau agar dapat dibandingkan hasil total kalor dan laju evaporasi dengan penelitian ini yang dilakukaan pada saat msuim penghujan.
2. Penelitian kedepan dapat lebih memperhitungkan faktor fisik dari tanah, kelembaban udara dan aliran angin dalam perhitungan

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

"halaman ini sengaja dikosongkan"

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Daftar Pustaka

Abdullah, Z. A., 2018. Media Produksi (Geomembrane) Dapat Meningkatkan Kualitas dan Harga Jual Garam (Studi Kasur : Ladang Garam Miliki Rakyat Diwilayah Madura. *Eco-Entrepreunership,* Volume 3, pp. 21 - 36.

Adiraga, Y., 2013. Analisis Dampak Perubahan Curah Hujan, Luas Tambak Garam dan Jumlah Petani Garam Terhadap Produksi Usaha Garam Rakyat Di Kecamatan Juwana Kbupaten Pati. Dalam: *Skripsi.* Semarang: Universitas Diponegoro, p. 116 hlm.

Akridge, D. G., 2007. Methods for Calculating Brine Evaporation Rates During Salt Production. *Journal of Archaeological SCIENCE,* pp. 1453 - 1462.

Alghoul, M., Sulaiman, M., Azmi, B. & Wahab, .., 2007. Advaces on muoti-purpose solar absortion systems for domestic refrigeration and water heating. *Applied Thermal Engineering,* Volume 27, pp. 813 - 822.

Aloma, Kurniawan, I., Sudirman & Sujud, 2002. Konduktivitas Panas Komposit HDPE Dengan Pengisi Al2O3 Atau Cu. *Prosiding Pertemuan Ilmiah Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Bahan* , pp. 235 - 240.

Amami, D. & Ihsannudin, 2016. Efisiensi Faktor - Faktor Produksi Garam Rakyat. *Media Trend,* Volume 11.

Aminah, R., Arifin, D. E. S. & Maslakah, U., 2013. Laju Perpindahan Panas pada Material Logam. *Jurnal Praktikum Fisika,* pp. 1 - 3.

Arwiyah, Zainuri, M. & Efendy, M., 2015. Studi Kanudngan NaCl Di Dalam Air Baku Dan Garam Yang Dihasilkan Serta Produktivitas Lahan Garam Menggunakan Media Meja Garam Yang Berbeda. *Jurnal Kelautan,* 8(1), pp. 1 - 9.

Astuti, R. P., Yulianti, C. H. & Prasetya, R. A., 2016. Pengruh Lama Waktu Pengadukan Terhadap Pengikatan Impuritis Untuk Meningkatkan

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Kadar NaCl Pada Garam Rakyat. *Journal of Pharmacy and Science*, 1(1), pp. 9 - 14.

Baihaqi, M. Y., 2017. Pengaruh Penambahan Unsur Seng (Zn) Terhadap Sifat Kekerasan Pada Cu-Zn Untuk Aplikasi Elektroda Las. Dalam: *Tugas Akhir* . Surabaya: Institute Teknologi Sepuluh Nopember, p. 105 hlm.

Baker, H., Wheaton, N. D. & Mills, K., 1992. *ASM Handbook Volume 3 Alloy Phase Diagrams.* United Stated of America: ASM International.

Basmal, J. & Nasran, S., 2000. Pengaruh Faktor Eksternal Terhadap Jenis Kapang Yang Tumbuh Pada Fermentasi Arabushi. *Jurnal Penelitian Perikanan Indonesia*, 6(2), pp. 75 - 83.

Bizzy, L. & Setiadi, R., 2013. Studi Perhitungan Alat Penukar Kalor Tipe Shell And Tube Dengan Program Heat Transfer Research INC. *Jurnal Rekayasa Mesim*, 13(1), pp. 67 - 77.

Bramawanto, R., 2017. Desain Dan Layout Tambak Garam Semi Intensif Skala Kecil Di Lahan Terbatas. *Jurnal Segara*, 13(3), pp. 159 -167.

Burhani, K., Ramelan & Naryanto, R. F., 2014. Pengembangan Media Pembelajaran Perpindahan Panas Radiasi Dengan Variasi Beda Perlakuan Permukaan Spesimen Uji. *Journal of Mechanical Engineering Learning*, pp. 86 - 93.

Chadarisma, A., Hantoro, R. & Sarwono, 2012. Studi Eksperimental Rancang Bangun Sistem Desalinasi Tenaga Surya Menggunakan Solar Reflector Untuk Produksi Brine Pada 25 Be. *Jurnal Teknik POMITS*, 1(1), pp. 1 - 4.

Dita, M. F. & Widodo, B., 2013. Karakteristik Aliran Panas dalam Logam Penghantar Listrik. *Jurnal Teknik POMITS*, Volume 2, pp. 1 - 5.

Departemen Kelautan dan Perikanan (DKP), 2003. *Pemberdayaan Garam Rakyat.* Jakarta: Dirjen Peningkatan Kapasitas Kelembagaan da Pemasaran.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Engineering,Toolbox.,2018.*ThermalConductivity.*[Online]Availableat:https://www.EngineeringToolBox.com/waterliquidgasthermalcondutivityt emperature-pressure-d_2012.html[Diakses 19 07 2020].

Firmansyah, J., 2018. Eksplanasi Ilmiah Air Mendidih Dalam Suhu Ruang. *Jurnal Filsaft Indonesia,* 1(1), pp. 75 - 79.

Ghofur, A., 2015. *Industri Pengolahan Logam Zinc,* Surabaya: Pusat Studi Metalurgi Indonesia.

Gustiawati, N., 2016. Peningkatan Kualitas Garam Rakyat Dengan Metode Rekristalisasi. Dalam: *Skripsi.* Surabaya: Institute Teknologi Sepuluh Nopember, p. 73 hlm.

Hadi, W. P. & Ahied, m., 2017. Kajian Ilmiah Proses Produksi Garam Di madura Sebagai Sumber Belajar Kimia. *Jurnal Pembelajaran Kimia,* 2(2), pp. 1 - 8.

Hamid, A. A., 2007. *Kalor dan Termodinamika.* Diktat Kuliah Termodinamika penyunt. Yogyakarta: Universitas Negeri Yogyakarta.

Handoyo, E. A., 2001. Pengaruh Tebal Isolasi Termal Terhadap Efektivitas Plate Heat Exchanger. *Jurnal Teknik Mesin,* Volume 3.

Herho, S. H., Firdaus, G. A. & Siregar, P. M., 2017. Pengaruh Aspek Meteorologi Terhadap Produksi Garam Air Payau Di Desa LOsarang Kabupaten Indramayu. *SEMIRATA MIPA,* pp. 1 - 16.

Hidayat, R. R., 2011. Rancangan Bangun Alat Pemisah Garam dan Air Tawar Dengan Menggunakan Energi Matahari. Dalam: *Skripsi.* Bogor: Institute Pertanian Bogor, p. 65 hlm.

Jumiati, 2016. Pembuatan Alat Praktikum Termoskop Guna Menjelaskan Radiasi Kalor Berbasis Teknologi Murah dan Sederhana. Dalam: *Skrispsi.* Riau: Universitas Pasir Pengairan .

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Juniarti, L., Jumarang, M. I. & Apriansyah, 2017. Analisis kondisi suhu dan salinitas perairan barat Sumatera menggunakan data Argo Float. *Physic Communication,* 1(1), pp. 74 - 84.

Juwito, A. F., 2017. Heat Energy Harvesting Untuk Sumber Listrik DC Skala Kecil. *Jurnal Integrasi,* 9(1), pp. 92 - 96.

Kartikasari, K., 2007. Potensi Pemanfaatan Informasi Prakiraan Iklim Untuk Mendukung Sistem Usaha Tambak Udang dan Garam Di Kabupaten Indramayu. Dalam: *Skripsi.* Bogor: Institute Pertanian Bogor.

Korovessis, N. A. & Lekkas, T. D., 2009. Solar Saltworks Wetland Function. *Global NEST Journal,* 11(1), pp. 49 - 57.

Kristanto, P., 2000. Pengaruh Suhu dan Tekanan Udara Masuk Terhadap Kinerja Motor Diesel Ti[e 4 JA 1. *Jurnal Teknik Mesin ,* 2(1), pp. 7-14.

Kumala, A. R., 2012. Analisis Pengaruh Curah Hujan Terhadap Produktivitas Garam. Dalam: *Skripsi.* Bogor: Institute Pertanian Bogor (IPB).

Kurniawan, A., Jaziri, A. A., Amin, A. A. & Salamah, L. N., 2019. Indeks Kesesuaian Garam (IKG) Untuk Menentukan Kesesuaian Lokasi Produksi Garam, Analisi Lokasi Produksi Garam Di Kabupaten Tuban Dan Kabupaten Probolinggo. *Journal Of Fisheries And Marine Research,* 3(2), pp. 236 - 244.

Latifah, N. L., 2015. *Fisika Bangunan 1.* Jakarts: Griya Kreasi.

Lekakh, S. N. & Hrebec, B., 2016. Solidification Kinetics Of Graphite Nodules In Cast Iron And Shrinkage Porosity. *International Journal of Metalcasting,* pp. 1 - 16.

Marihati, 2012. Pengaruh Bakteri Halofilik Terhadap Kemurnian NaCl Garam Rakyat Guna Penerapan Green Industry Di Indonesia Berbasis Garam Rakyat. *Jurnal Riset Teknologi Pencegahan Pencemaran Industri,* 2(1), pp. 1 - 67.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Mukaddim, A., Irawan, M. & Alit, I. B., 2013. Analisa Pengaruh Variasi Bentuk Absorber Pada Alat Destilasi Air Laut Terhadap Kenaikan Suhu Air Terhadap Kenaikan Suhu Air Dalam Ruang Pemanas Dan Jumlah Penguapan AIr Yang Dihasilkan. *Dinamika Teknik Mesin,* 3(2), pp. 127 - 135.

Nova, S. & Misbah, M. N., 2012. Analisis Pengaruh Salinitas dan Suhu Air Laut Terhadap Laju Korosi Baja A36 Pada Pengelasan SMAW. *Jurnal Teknik ITS,* Volume 1, pp. 75 - 77.

Nunes, R., Adams, J., Ammons, M. & Avery, H. S., 1992. *ASM Handbook Volume 2 Properties and Selection : Nonferrous Alloys and Special-Purpose Materials.* s.l.:ASM International Handbook Commite.

Nurachmandani, S., 2009. *FISIKA 1 untuk SMA/MA Kelas X*. Jakarta: Pusat Perbukuan Departemen Pendidikan Nasional.

Nurhayati, 2016. Pengaruh Kecepatan Angin Terhadap Evapotranspirasi Berdasarkan Metode Penman Di Kebun Stroberi Purbalingga. *Journal of Islamic Science and Technology,* 2(1), pp. 21 - 28.

Okamoto, H., 1992. The C-Fe (Carbon-Iron) System. *Journal Of Phase Equilibria,* 13(5), pp. 543 - 565.

Oke, S. A. et al., 2010. A model for tracking temperature variation in cold and hot metal woriking conditions during maching operations. *Journal Of Industrial ngineering International,* 6(10), pp. 1 - 15.

Pane, A. H., 2015. Perpindahan Panas Konduksi Stady State - One Dimensional. Dalam: *Modul Perpindahan Panas (Heat Transfer).* Medan : Advance Learning Program (ALP Consultant), pp. 6 - 8.

Purbani, D., 2013. *Proses Pembentukan Kristalisasi Garam,* Pati: Pusat Riset Wilayah Laut dan Sumberdaya Nonhayati.

Purjiyanta, E., 2007. *IPA TERPADU untuk SMP Kelas VII.* Jakarta: Erlangga.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Rahma, M., 2006. Kandungan Fe, Cu, Zn, Dan Pb Dalam Sedimen Perairan Pesisir Sekitar Kawasan Industri Gresik. Dalam: *Skripsi.* Bogor: Institute Pertanian Bogor, p. 30 hlm.

Rindayani, 2013. Strategi Pemberdayaan Masyarakat Melalui Program Pemberdayaan Usaha Garam Rakyat (PUGAR) di Dinas Kelautan dan Perikanan Kabupaten Pamekasan. *Jurnal Tani,* Volume 1, pp. 57 - 69.

Rochyatun, E. & Rozak, A., 2007. Pemantauan Kadar Logam Berat Dalam Sedimen Di Perairan Teluk Jakarta. *Makara Sains,* Volume 11, pp. 28 - 36.

Rusiyanto, Soesilowati, E. & Jumaeri, 2013. Penguatan Industri Garam Nasional Melalui Perbaikan Teknologi Budidaya Dan Diversifikasi Produk. *Jurnal Sains dan Teknologi,* 11(2), pp. 129 - 142.

Rusyda, H. F. S., Hasritanto, B. I. & Widiastutu, R., 2017. Sifat Material Pada RuANG Terbuka Di Kota Laa Yang Terkait Dengan Thermal. *MODUL,* 17(2), pp. 85 - 88.

Sartono, C. m., Soedarsono, P. & muskanonfola, m. r., 2013. Konversi Tonase Air Dengan Berat Garam Yang Terbentuk Di Areal Pertambakan Tanggulare Jepara. *Journal of menegementof aquatic resource,* 2(3), pp. 20 - 26.

Saunders, G. & Bauer, R., 2007. *Terpal Plastik "Panduan Tentang Spesifikasi dan Penggunaan Terpal Plastik Dalam Kebutuhan Manusia".* s.l.:IFRC dan Oxfarm International.

Selparia, E., Ginting, M. & Syech, R., 2015. Pembuatan Dan Pengujian Alat Untuk Menentukan Konduktivitas Plat Seng, Multiroof dan Asbes. *Jurnal JOM FMIPA,* Volume 2, pp. 191-197.

Soesanto, B., 2008. *Karakteristik Dan Unsur - Unsur Iklim Mikro Pada Berbagai Perlakuan Rekayasa Iklim Mikro,* Jember: Universitas Jember.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Subiyakto, G., 2009. Pengaruh Bentuk Plat Absorber TipeSeng Gelombang Pada Kolektor Terhadap Temperature Pengering Alat Tenaga Surya. *PROTON,* Volume 1, pp. 10 - 16.

Sudarto, 2011. Teknologi Proses Pegaraman Di Indonesia. *Jurnal Manajemen Sumberdaya Perairan,* Volume 7, pp. 13 - 25.

Sulistyaningsih, T., Sugiyo, W. & Sedyawati, S. M. R., 2010. Pemurnian Garam Dapur Melalui Metode Kristalisasi Air Tua Dengan Bahan Pengikat Pengotor NA2C2CO3-NAHCO3 dan NA2C2CO4-NA2CO3. *Jurnal Kimia,* 8(1), pp. 26 - 33.

Sumada, K. & Suprihatin, R. D. d., 2016. Garam Industri Berbahan Baku Garam Krosok Dengan Metode Pencucian dan Evaporasi. *Jurnal Teknik Kimia,* Volume 11, pp. 30 - 36.

Supu, I., Usman, B., Basri, S. & Sunarni, 2016. Pengaruh Suhu Terhadap Perpindahan Panas Pada Material yang Berbeda. *Jurnal Dinamika,* 01(1), pp. 62 - 73.

Syahri, M., 2011. Rancangan Bangun Sistem Desalinasi Energi Surya Menggunakan Absorber Bentuk Separo Elip Melintang. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia,* pp. 1 - 5.

Syuhada, A. & Shaeri, 2010. Kajian tingkat kemampuan penyerapan panas matahari pada atap bangunan seng berwarna. *Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesim,* p. 8 hlm.

Tambunan, R. B., Hariyadi & Santoso, A., 2012. Evaluasi Kesesuaian Tambak Garam Ditinjau Dari Aspek Fisik Di Kecamatan Juwana Kabupaten Pati. *Journal Of Marine Research,* Volume 1, pp. 181 - 187.

Tamiselvan, K. et al., 2017. Experimental Analysis of Heat Transfer Rate In Corrugated Plate Heat Exchanger Using Nanofluid in Milk Pastuerization Process. *International Journal Of Engineering And Applied Sciences,* 4(5), pp. 72 - 75.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Tri, W., 2019. *LR MPHP, Indonesian Research Institute For Fisheries PostharvestMechanization.*[Online]Availableat:www.mekanisasikp.we.id/casehardeningpadaprosespengeringan/BadanRisetdanSumberDayaManusiaKementrianKelautan-dan-Perikanan[Diakses 29 Mei 2020].

Tyas, M. W. & Wirosoedarmo, A. T. S. H. R., 2014. Analisis nomografi suhu, laju penguapan dan tekanan udara pada desalinasi tenaga surya dengan oengaturan vakum. *Jurnal sumber daya dan lingkungan,* pp. 55 - 61.

Urra, C. D., Mayub, A. & Farid, M., 2017. Penentuan nilai emisivitas warna menggunakan penerangan pada miniatur ruang berbentuk kubus dan proses pembelajaran fisika kelas X SMK NEGERI 2 BENGKULU TENGAH. pp. 32-40.

Wahono, 1992. Pemanfaatn Besi Rongsok (Scrap) Untuk Bahan Dasar Besi Cor Berkualitas. *Tekna,* pp. 1 - 8.

Walikom, R., Muin, A. & Hermanto, 2018. Studi Kerja Plate Heat Exchanger Pada Sistem Pendingi PLTGU. *Jurnal Teknik Mesim,* 1(1), pp. 40 - 47.

Wiraningtyas, A., Sandi, A. & Rustan, 2019. Teknologi Pengolahan Garam Beryodium melalui Solar Thermal Salt House di Desa Sanolo. *Jurnal Mitra,* 3(1), pp. 1 - 10.

Wirasantosa, S., 2005. Prototipe . Dalam: B. R. K. d. P. d. B. M. d. Geofisika, penyunt. *Informasi Iklim dan Cuaca Untuk Tambak Garam.* Jakarta: Badan Riset Kelautan dan Perikanan, Departemen Kelautan dan Perikanan, p. 10.

Wuryanti, S. & Iriani, P., 2018. Investigasi Experimental Konduktivitas Panas Pada Berbagai Logam. *Jurnal Ilmu dan Inovasi Fisika,* Volume 2, pp. 1 - 7.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id