

*Skripsi*

**SIMULASI PERHITUNGAN PENGUAPAN AIR LAUT DALAM KOLAM  
DENGAN SYARAT BATAS TETAP**

**ISRAIL  
H021191079**



**DEPARTEMEN FISIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR  
2023**

**SIMULASI PERHITUNGAN PENGUAPAN AIR LAUT DALAM KOLAM  
DENGAN SYARAT BATAS TETAP**

**SKRIPSI**

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat**

**Memperoleh Gelar Sarjana Sains**

**Pada Program Studi Fisika Departemen Fisika**

**Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**

**Universitas Hasanuddin.**

**ISRAIL**

**H021191079**

**DEPARTEMEN FISIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR**

**2023**

**LEMBAR PENGESAHAN**

**SIMULASI PERHITUNGAN PENGUAPAN AIR LAUT DALAM KOLAM  
DENGAN SYARAT BATAS TETAP**

**Disusun dan diajukan oleh:**

**ISRAIL  
H021191079**

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka  
Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Fisika Fakultas Matematika  
dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin  
pada tanggal 24 November 2023  
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Pembimbing Utama

Eko Juarlin S.Si M.Si  
NIP. 19811106 200812 1 002

Pembimbing Pertama

Prof. Dr. Sri Suryani, DEA  
NIP. 19580508 198312 2 001

Ketua Program Studi

Prof. Dr. Arifin, M.T.  
NIP. 19670520 199403 1 002

## PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Israil  
NIM : H021191079  
Program Studi : Fisika  
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

### **SIMULASI PERHITUNGAN PENGUAPAN AIR LAUT DALAM KOLAM DENGAN SYARAT BATAS TETAP**

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambil alihan tulisan orang lain dan bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau seluruh skripsi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, 21 November 2023

Yang Menyatakan,



ISRAIL

## ABSTRAK

Masyarakat Indonesia memanfaatkan laut sebagai bahan untuk pembuatan garam. Pada umumnya masih menggunakan sistem pembuatan garam secara tradisional dengan memanfaatkan panas matahari untuk membantu proses penguapan. Pembuatan garam secara tradisional ini dilakukan di tambak garam dengan menggunakan air laut kemudian dialirkan ke tambak garam dengan bantuan kincir angin. Dengan memanfaatkan panas sinar matahari maka proses penguapan akan berlangsung dan terjadi selama beberapa hari, kemudian kristal-kristal garam akan mulai terbentuk. Dalam penelitian ini, kami mengkaji bagaimana proses fisis pada penguapan air laut dan apa saja faktor yang mempengaruhi laju fisis penguapan air laut dalam penggaraman. Pada penelitian ini, menggunakan persamaan *Hertz-Knudsen* untuk mengetahui berapa banyak molekul air yang menguap. Pada konstruksi syarat awal bahwa kolam diisi air laut dengan ukuran panjang 1 m, lebar 1 m dan tinggi 1 cm. Kolam dibuat dengan syarat tidak ada air yang keluar dari kolam atau perubahan volume air di tepi kolam adalah nol. Volume awal air adalah  $10 \text{ dm}^3$ , massa jenis air laut dianggap  $1000 \text{ kg/m}^3$  dengan kadar garam air laut sebesar 3%. Hasil yang diperoleh adalah proses fisis laju penguapan air laut dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti intensitas matahari, suhu, tekanan, dan salinitas air. Parameter-parameter tersebut saling berkaitan, laju penguapan setiap jam berbeda-beda. Hal tersebut dipengaruhi oleh suhu dan tekanan. Semakin besar suhu, menyebabkan tekanan meningkat yang mengakibatkan kenaikan laju penguapan

**Kata Kunci:** Penguapan Air Laut, ;Persamaan *Hertz-Knudsen*; Penggaraman

## ABSTRACT

Indonesian people utilize the sea as an ingredient for salt making. In general, they still use the traditional salt making system by utilizing solar heat to help the evaporation process. This traditional salt making is done in salt ponds by using seawater then flowed into the salt ponds with the help of windmills. By utilizing the heat of the sun, the evaporation process will take place and occur for several days, then salt crystals will begin to form. In this research, we examine how the physical process of seawater evaporation and what factors affect the physical rate of seawater evaporation in salting. In this study, the Hertz-Knudsen equation is used to determine how many water molecules evaporate. In the construction of the initial conditions that the pool is filled with seawater with a size of 1 m long, 1 m wide and 1 cm high. The pool is made with the condition that no water comes out of the pool or the change in the volume of water at the edge of the pool is zero. The initial volume of water is 10 dm<sup>3</sup>, the density of seawater is assumed to be 1000 kg/m<sup>3</sup> with a seawater salt content of 3%. The results obtained are the physical process of seawater evaporation rate is influenced by several factors such as solar intensity, temperature, pressure, and water salinity. These parameters are interrelated, the rate of evaporation varies every hour. It is influenced by temperature and pressure. The greater the temperature, causing the pressure to increase which results in an increase in the rate of evaporation.

Keywords: Seawater Evaporation, *Hertz-Knudsen* Equation; Salting

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah Subhanahu Wa Ta'ala atas limpahan rahmat dan hidayah-Nya, beserta kekuatan dan pertolongan dari Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi ini dengan judul “**Simulasi Perhitungan Penguapan Air Laut Dalam Kolam Dengan Syarat Batas Tetap**” sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana strata satu. Salawat dan salam senantiasa tercurah kepada Nabi Muhammad Sallahu Alaihi Wasallam yang atas berkat perjuangan beliau-lah seluruh dunia dapat merasakan nikmat iman dan islam seperti yang dirasakan saat ini.

Penulis menyadari bahwa penulisan skripsi ini masih memiliki banyak kesalahan dan kekurangan sehingga kritik dan saran dari pembaca sangat dibutuhkan untuk perbaikan kedepannya. Penulis juga menemui banyak ujian dan rintangan dalam menyelesaikan skripsi ini. Oleh karena itu, dengan segala kerendahan hati, penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada:

1. Keluarga tercinta, kedua orang tua penulis Ayahanda (**A.Haris**) dan Ibunda (**ST. Rahmah**) yang tidak pernah memutuskan do'anya dan senantiasa mendukung perjuangan penulis baik moral maupun material. Kakak penulis **Fathurismah S.Si dan Murni S.Pd** yang memberikan dukungan kepada penulis hingga sekarang. Semoga Allah senantiasa memberi kesehatan dan kebahagiaan kepada mereka dan memberika rahmat dan ridha-Nya.
2. **Eko Juarlin S.Si M.Si.** selaku pembimbing utama penulis yang telah membagikan begitu banyak ilmu dan motivasi kepada penulis. Semoga beliau senantiasa diberikan kesehatan dan kekuatan oleh Allah untuk dapat terus membimbing dan mendukung penulis kedepannya.
3. **Prof. Dr. Sri Suryani, DEA** selaku pembimbing pertama sekaligus pembimbing akademik penulis yang telah banyak meluangkan waktunya untuk memberikan bimbingan, motivasi serta saran yang sangat membangun selama melakukan perkuliahan dan penyelesaian skripsi ini.

4. **Prof. Dr. rer-nat Wira Bahari Nurdin, dan Prof. Dr. Nurlaela Rauf, M.Sc.** selaku penguji yang telah memberikan masukan, kritikan dan saran kepada penulis.
5. **Prof. Dr. Arifin, M.T.**, selaku ketua Departemen Fisika dan seluruh **dosen** beserta **staf** Departemen Fisika UNHAS yang telah membimbing dan membantu penulis selama menempuh perkuliahan hingga selesai.
6. Teman-teman seperjuangan penulis anggota lab. Teori 2017 ( **Fitri, Musdalifah dan Umniah**). Terima kasih telah mengukir cerita bersama selama di lab. Teori.
7. **Agus dan Rasak** beserta angkatan **Fisika angkatan 2019** teman-teman yang telah banyak menjadi teman diskusi penulis dan sumber motivasi.
8. Kakak-kakak anggota lab. Teori (**Kak Ghazali, Kak Agung, Kak Safrullah**) dan adik-adik anggota lab. Teori angkatan 2020 (**Faqihah, Bayu** beserta kawan-kawan). Terima kasih karena telah memberi sedikit warna pada kehidupan penulis di kampus.
9. Teman-teman seperjuangan **UKM LDK MPM, Ashar, agung, pahri, eko, kak arfa** dll yang tidak mampu penulis sebutkan satu per satu.

Dan semua pihak yang telah memberikan kontribusi dalam penyelesaian skripsi ini yang juga tidak dapat penulis sebutkan satu persatu. Semoga dapat bermanfaat bagi penulis dan para pembacanya, terutama terkait kajian fisika Zat Mampat. Semoga Allah melimpahkan rahmat dan ridha-Nya kepada kita semua. Amin.

Makassar, 21 November 2023



**Israil**

## DAFTAR ISI

HALAMAN SAMBUNG .....	i
DAFTAR ISI .....	ii
BAB I PENDAHULUAN .....	1
I.1 Latar Belakang .....	1
I.2 Rumusan masalah.....	2
I.3 Tujuan Penelitian.....	2
BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....	3
II.1 Konsep Penguapan air laut .....	3
II.2 Hukum Snellius.....	3
II.3 Energi Foton .....	5
II.4 Peluruhan Intensitas Cahaya.....	6
II.5 Persamaan Hertz Knudsen .....	7
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	9
III.1 Alat .....	9
III.2 Perhitungan Panjang Lintasan Cahaya .....	9
III.3 Perhitungan Jumlah Zat Penguapan .....	9
III.4 Bagan Alir Penelitian .....	10
III.5 Bagan Alir Simulasi.....	11
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	12
IV.1. Proses Fisis Penguapan.....	12
IV.2. Perhitungan Penguapan Air Laut .....	13
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	17
V.1 Kesimpulan .....	17
V.2 Saran.....	17
DAFTAR PUSTAKA .....	18
LAMPIRAN .....	19

# BAB I PENDAHULUAN

## I.1 Latar Belakang

Indonesia adalah negara kepulauan yang mempunyai laut yang luas dengan berbagai sumber daya alam hayati maupun non-hayati yang sangat tinggi. Luas laut Indonesia kurang lebih 70% dari total luas wilayah Indonesia, menyimpan banyak potensi untuk dimanfaatkan, salah satunya adalah garam. Tidak semua air dapat digunakan untuk membuat garam, air yang dapat digunakan yaitu air yang memiliki kadar garam atau salinitas yang tinggi seperti air laut [1].

Proses pembuatan garam bahan baku di Indonesia yang berasal dari air laut menggunakan sistem penguapan (evaporasi) air laut dengan menggunakan sinar matahari (*solar energy*). Pada dasarnya pembuatan garam dengan bahan baku air laut berupa proses pemetakan (dengan menggunakan airnya) dan pemisahan garam (dengan kristalisasi). Pada saat terjadi kristalisasi air laut sebagai bahan baku tersebut diatur pada tempat yang berlainan secara berturut-turut, maka dapat dipisahkan komponen garam bahan baku yang relatif murni [2].

Faktor yang mempengaruhi produksi garam meliputi : (i) mutu air laut, terutama dari aspek kadar garamnya termasuk kontaminasi dengan air sungai sangat mempengaruhi waktu yang diperlukan untuk penguapan (evaporasi) air laut; (ii) cuaca/iklim mempengaruhi panjang musim kemarau yang berpengaruh langsung dalam proses produksi garam dengan bantuan sinar matahari; (iii) intensitas curah hujan dan pola hujan distribusinya dalam setahun rata – rata merupakan indikator yang berkaitan dengan panjang kemarau yang kesemuanya mempengaruhi daya penguapan (evaporasi) air laut; (iv) kecepatan angin, kelembaban udara dan suhu udara sangat mempengaruhi kecepatan penguapan (evaporasi) air laut, semakin besar penguapan (evaporasi) makin besar jumlah kristal garam yang mengendap [2].

Umumnya di Indonesia, peralatan dan teknik produksi garam yang digunakan masih konvensional/tradisional yaitu dengan lahan relatif sempit dengan menggunakan sistem/teknik kristalisasi total, sehingga berdampak pada produktivitas lahan dan kualitas hasil produksi yang relatif rendah [3].

Kondisi tersebut mendorong teknis pembuatan garam membutuhkan sentuhan teknologi agar efektif dan efisien. Hingga saat ini, produksi garam dilakukan dengan metode perebusan air laut, metode prisma dan tunnel yang dapat diaplikasikan pada wilayah relatif sempit. Selain itu proses penguapan dari pasir yang dibasahi dengan larutan NaCl menunjukkan salinitas akan meningkatkan kehilangan massa evaporatif dalam sistem campuran di daerah kering atau semi kering [4].

Berdasarkan referensi [5], bahwa pada air yang bervolume 111 liter membutuhkan waktu 30 hari menguap untuk menghasilkan garam. Dari latar belakang yang diuraikan tersebut, pada penelitian ini dilakukan perhitungan laju penguapan air laut dengan keadaan tidak ada air laut yang keluar dari sistem. Parameter yang dimasukkan dalam penelitian ini adalah sudut sinar matahari, salinitas, suhu air laut. Dalam penelitian ini, dilihat hubungan antar parameter sehingga terjadi penguapan.

## **I.2 Rumusan masalah**

1. Bagaimana proses fisis penguapan air laut?
2. Berapa laju penguapan air laut dalam penggaraman?

## **I.3 Tujuan Penelitian**

1. Menjelaskan parameter fisis untuk menentukan laju penguapan air laut.
2. Membuat program laju penguapan air laut.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **II.1 Konsep Penguapan Air Laut**

Hampir keseluruhan penggaraman di Indonesia diperoleh dari penguapan air laut dengan memanfaatkan tenaga sinar matahari (*solar evaporation*) yang dipengaruhi oleh iklim tropis. Iklim sangat berpengaruh terhadap proses produksi garam, karena merupakan sumber energi yang mempengaruhi kecepatan penguapan air laut di ladang garam. Air laut di Indonesia cukup berlimpah, namun di beberapa tempat air laut banyak tercampur dengan air tawar maupun polutan lainnya, karena merupakan muara aliran sungai tawar. Lahan/ areal penggaraman yang dimanfaatkan untuk memproduksi garam adalah sekitar 20.000 ha dari potensi areal yang ada sebesar 35.000 ha. Hal ini berarti kurang lebih setengah dari lahan yang ada baru dimanfaatkan untuk areal pegaraman [3].

Masyarakat yang memanfaatkan laut sebagai bahan untuk pembuatan garam biasanya masyarakat pesisir. Masyarakat ini pada umumnya masih menggunakan sistem pembuatan garam secara tradisional dengan memanfaatkan panas matahari untuk membantu proses penguapan. Pembuatan garam secara tradisional ini dilakukan di tambak garam dengan menggunakan air laut kemudian dialirkan ke tambak garam dengan bantuan kincir angin. Dengan memanfaatkan panas sinar matahari maka proses penguapan akan berlangsung dan terjadi selama beberapa hari, kemudian kristal-kristal garam akan mulai terbentuk [1].

Garam sendiri merupakan komoditi strategis yang dibutuhkan manusia dalam bentuk garam konsumsi, dan sebagai bahan baku atau bahan tambahan dalam berbagai industri. Kualitas garam sangat ditentukan oleh kandungan NaCl pada garam tersebut. Kandungan NaCl pada produksi garam sangat berhubungan dengan lokasi air laut sebagai bahan baku diambil dan jenis dasar tambak/meja kristalisasi garam [11].

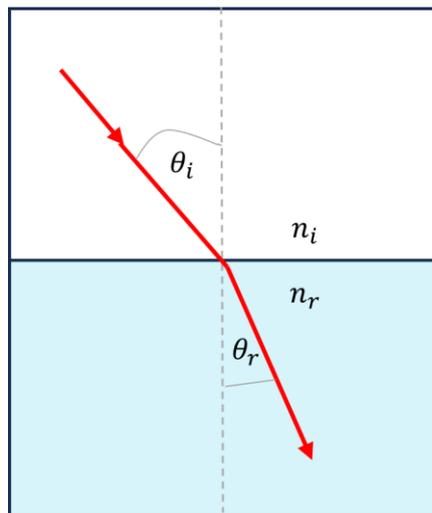
#### **II.2 Hukum Snellius**

Cahaya memiliki beberapa sifat, salah satunya adalah dapat dibiaskan apabila melalui dua medium yang berbeda. Dalam kehidupan sehari-hari, sering

ditemukan beberapa fenomena yang berkaitan dengan pembiasan atau pembelokan cahaya seperti peristiwa sedotan yang dimasukkan ke dalam gelas berisi air, seolah-olah sedotan tersebut patah jika dilihat dari samping gelas. Pembiasan cahaya terjadi jika cahaya merambat dari suatu medium menembus medium lain dengan kerapatan yang berbeda [5].

Beberapa variabel yang terlibat dalam pembiasan yaitu sudut datang, sudut bias, indeks bias dan garis normal. Sudut datang adalah sudut yang dibentuk cahaya yang datang terhadap garis normal sebuah medium. Sudut bias adalah sudut yang terbentuk dari pembiasan cahaya datang terhadap garis normal [5]. Hubungan antara sudut datang dan sudut bias dapat dinyatakan dengan menggunakan hukum Snellius.

Hukum Snellius berbunyi “Sinar datang, garis normal dan sinar bias terletak pada satu bidang datar. Jika sinar datang dari medium kurang rapat ke medium lebih rapat, sinar dibelokkan mendekati garis normal. Jika kebalikannya, sinar datang dari medium lebih rapat ke medium kurang rapat, sinar dibelokkan menjauhi garis normal”.



**Gambar 2.1** Pembiasan Cahaya Pada Dua Medium yang berbeda

Hukum Snellius dapat dituliskan dalam persamaan berikut [6] :

$$\frac{n_i}{n_r} = \frac{\sin r}{\sin i} \quad (2.1)$$

$$n_i \sin i = n_r \sin r \quad (2.2)$$

Dengan :

$n_i$  = Indeks bias medium yang dilalui sinar datang

$n_r$  = Indeks bias medium yang dilalui sinar bias

$\sin i$  = Sudut datang

$\sin r$  = Sudut bias

Indeks bias adalah perbandingan antara laju cahaya di ruang hampa terhadap laju cahaya dalam medium. Oleh karena kerapatan medium yang berbeda-beda, menghasilkan indeks bias yang berbeda pula [7].

### II.3 Energi Foton

Cahaya menurut Newton adalah partikel - partikel berukuran sangat kecil dan ringan yang dipancarkan ke segala arah mengikuti garis lurus dengan kecepatan sangat tinggi. Huygens menganggap bahwa cahaya merupakan gelombang yang dapat merambat melalui suatu medium bernama eter. Menurut Maxwell, cahaya adalah energi berbentuk gelombang elektromagnetik yang dipancarkan akibat terjadinya medan magnet atau medan listrik yang tidak konstan. Menurut Max Planck, cahaya adalah paket-paket energi (foton) yang dipancarkan dari sumbernya secara periodik [8].

Foton merupakan partikel dari cahaya yang mengakibatkan radiasi elektromagnetik. Foton identik dengan panjang gelombang ( $\lambda$ ) yang menentukan spektrum dari gelombang elektromagnetik, diantaranya sinar gamma, sinar-X, cahaya ultraviolet, cahaya tampak, inframerah, microwaves, dan gelombang radio. Foton tidak memiliki massa seperti elektron, sehingga dapat merambat dengan kecepatan cahaya termasuk dalam ruang hampa. Foton juga memiliki karakteristik seperti gelombang, seperti dapat dipantulkan oleh lensa, dan dapat saling menghilangkan apabila terjadi interferensi gelombang akibat pemantulan. Sebagai partikel, energi foton dapat dinyatakan dengan persamaan matematis yang menunjukkan transfer energi dari sebuah partikel [9] :

$$E = h\nu \quad (2.3)$$

$$E = \frac{hc}{\lambda} \quad (2.4)$$

Dengan :

$h$  : Konstanta Planck

$\nu$  : Frekuensi

$c$  : Kecepatan cahaya

$\lambda$  : Panjang gelombang

Energi cahaya yang digunakan dalam satu foton diubah menjadi energi panas. Jumlah energi cahaya yang diubah menjadi energi panas dapat dihitung sebagai berikut :

$$\text{Jumlah energi} = N_{\text{serap}} \times E_{\text{satu foton}} \quad (2.5)$$

Dengan :

$N_{\text{serap}}$  : Jumlah partikel yang diserap

$E_{\text{satu foton}}$  : Energi Satu foton

#### II.4 Peluruhan Intensitas Cahaya

Ketika cahaya melewati sebuah medium, ada beberapa peristiwa yang terjadi diantaranya yaitu pemantulan (*reflection*), perambatan (*propagation*), transmisi (*transmission*), dan penjumlahan (*interference*). Cahaya yang melewati batas medium, bisa dipantulkan atau ditransmisikan. Jumlah energi cahaya transmisi dan energi cahaya pemantulan sama dengan energi cahaya datang. Bila energi cahaya homogen, variabel intensitas dapat menggantikan variabel energi. Intensitas cahaya memiliki nilai transmisi dan refleksi. Perbandingan besar intensitas cahaya sebelum dan sesudah melewati medium dapat ditunjukkan oleh persamaan berikut : [6]

$$T = \frac{I_t}{I_0} \quad (2.6)$$

Dengan :

T = nilai Transmittansi

$I_0$  = intensitas cahaya sebelum masuk medium

$I_t$  = intensitas cahaya setelah melewati medium

$$R = \frac{I_r}{I_0} \quad (2.7)$$

Dengan :

R = nilai Reflektansi

$I_0$  = intensitas cahaya sebelum sumber

$I_r$  = intensitas cahaya yang dipantulkan

Dalam proses transmisi, energi panas cahaya diserap oleh medium. Penyerapan cahaya oleh medium, menghasilkan nilai intensitas transmisi yang

keluar dari medium kurang dari intensitas transmisi awal. Berkurangnya intensitas bisa dijelaskan dengan peristiwa peluruhan.

Persamaan differensial peluruhan dijelaskan dalam persamaan 2.5.

$$\frac{dN}{dx} = -\lambda N \quad (2.8)$$

Untuk mendapatkan rumus peluruhan, dilakukan penurunan seperti dalam langkah matematik di bawah ini:

$$\frac{dN}{N} = -\lambda dx \quad (2.9)$$

Persamaan (2.9) diintegrasikan

$$\int_{N_0}^{N_t} \frac{dN}{N} = -\lambda \int_0^x dx \quad (2.10)$$

$$\ln N_t - \ln N_0 = -\lambda x \quad (2.11)$$

$$N_t = N_0 e^{-\lambda x} \quad (2.12)$$

Persamaan 2.12 belum menunjukkan hubungan antara  $x$  dan nilai setengah intensitas yang sering dituliskan dalam bentuk:

$$N_t = N_0 \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{x}{x_1/2}} \quad (2.13)$$

Penurunan dilanjutkan lagi sebagai berikut dengan memisalkan:

$$e^{-\lambda x} = \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{x}{x_1/2}} \quad (2.14)$$

Mengingat sifat  $a^x = b^y$ , menjadi  $\ln a^x = \ln b^y$ , menjadi  $x \ln a = y \ln b$ , persamaan 2.11 menjadi

$$\lambda x = -y \ln 2 \quad (2.15)$$

Dengan  $y = \frac{x}{x_1/2}$  Mengubah bentuk persamaan 2.12 menjadi

$$-\frac{\lambda x}{\ln 2} = y \quad (2.16)$$

Persamaan 2.16 menjadi konektor antara persamaan 2.12 dengan persamaan 2.13.

## II.5 Persamaan Hertz Knudsen

Persamaan Hertz–Knudsen (HK) umumnya digunakan untuk memprediksi fluks penguapan. Persamaan ini menyatakan bahwa fluks sebanding dengan perbedaan antara tekanan dalam sistem dan tekanan kesetimbangan untuk

koeksistensi cairan/uap [10]. Adapun persamaan Hertz-Knudsen bisa dituliskan sebagai berikut :

$$\frac{1}{A} \frac{dN}{dt} \equiv \varphi = \frac{\alpha \cdot P \cdot N_A}{\sqrt{2\pi MRT}} \quad (2.17)$$

Dengan :

N : Jumlah Molekul

$\alpha$  : Koefisien *Sticking* (Nilai koefisien *Sticking* diambil 0.001)

P : Tekanan

M : Massa molekul relatif

$N_A$  : Bilangan Avogadro

R : Konstanta Gas

T : Suhu

Tekanan memiliki hubungan dengan suhu dan salinitas air laut yang dapat dilihat pada tabel 3.1 yang diperoleh secara empiris [13]:

**Tabel 3.1** Hubungan tekanan terhadap suhu dan salinitas [11]

Temp, °C	Salinity, g/kg												
	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
0	0.611	0.608	0.605	0.602	0.598	0.594	0.590	0.586	0.582	0.577	0.572	0.567	0.562
10	1.228	1.222	1.216	1.209	1.202	1.194	1.186	1.177	1.168	1.159	1.149	1.139	1.129
20	2.339	2.328	2.316	2.303	2.289	2.274	2.259	2.242	2.225	2.207	2.189	2.170	2.149
30	4.246	4.226	4.204	4.180	4.155	4.129	4.101	4.071	4.040	4.008	3.974	3.939	3.902
40	7.383	7.348	7.310	7.269	7.226	7.179	7.131	7.079	7.025	6.969	6.910	6.849	6.786
50	12.350	12.291	12.227	12.159	12.086	12.009	11.927	11.841	11.751	11.656	11.558	11.456	11.350
60	19.944	19.849	19.746	19.635	19.518	19.393	19.261	19.122	18.976	18.824	18.665	18.500	18.329
70	31.198	31.049	30.888	30.715	30.531	30.336	30.129	29.912	29.684	29.446	29.198	28.940	28.672
80	47.412	47.185	46.941	46.678	46.399	46.102	45.788	45.457	45.111	44.749	44.372	43.980	43.573
90	70.180	69.845	69.483	69.095	68.681	68.241	67.776	67.287	66.775	66.239	65.681	65.100	64.499
100	101.419	100.934	100.411	99.850	99.252	98.616	97.945	97.239	96.498	95.723	94.916	94.078	93.208
110	143.384	142.699	141.960	141.166	140.320	139.422	138.473	137.474	136.426	135.332	134.191	133.005	131.776
120	198.685	197.736	196.712	195.613	194.440	193.195	191.880	190.496	189.045	187.528	185.947	184.304	182.601

Persamaan antara tekanan dengan suhu pada kadar garam tertentu dapat diinterpolasi menjadi polinomial orde 3. Pada kadar garam 3%, persamaannya adalah :

$$y = 0.002x^3 - 0.0083x^2 + 0.2531x - 0.0511. \quad (2.18)$$

Dalam hubungannya dengan kadar garam, tekanan dirumuskan  $\Delta P = x \cdot P_o$ . Dengan x adalah jumlah garam terlarut didalam air, dan  $P_o$  adalah tekanan saat kadar garam 0%.