



Model Matematik Laju Penguapan Air Laut dengan Proses Evaporasi Menggunakan Metode Polynomial

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

II.1 Teori Umum

II.1.1 Evaporasi

Evaporasi adalah suatu proses berubahnya air menjadi uap air. Proses evaporasi sangat dipengaruhi oleh perbedaan tekanan uap, suhu udara, angin, kualitas air dan permukaan bidang evaporasi. Pengukuran besarnya evaporasi dapat dilakukan dengan berbagai dengan berbagai metode dan gabungan keduanya (Jesiani, Apriansyah and Adriat, 2019). Proses evaporasi merupakan proses yang melibatkan pindah panas dan pindah masa secara simultan. Artinya, dalam proses ini sebagian air atau pelarut akan diuapkan sehingga akan diperoleh suatu produk yang kental (kONSESTRAT). Proses pindah panas dan pindah masa yang efektif akan meningkatkan



Model Matematik Laju Penguapan Air Laut dengan Proses Evaporasi Menggunakan Metode Polynomial

kecepatan penguapan. Proses evaporasi yang paling sederhana adalah evaporasi pada tekanan atmosfer. Dimana pada evaporasi ini cairan di dalam suatu wadah terbuka dipanaskan dan uap air dikeluarkan ke udara atmosfer (Ismiyati and Sari, 2020).

II.I.2 Natrium Klorida

Garam merupakan salah satu kebutuhan yang merupakan pelengkap dari kebutuhan pangan dan merupakan sumber elektrolit bagi tubuh manusia. Secara fisik, garam adalah benda padatan berwarna putih berbentuk kristal yang merupakan kumpulan senyawa dengan bagian terbesar NaCl (> 80%) serta senyawa lainnya seperti CaSO₄, MgSO₄, MgCl₂, dan lain-lain. Garam mempunyai sifat/karakteristik higroskopis yang berarti mudah menyerap air dan titik lebur pada tingkat suhu 801°C.



Model Matematik Laju Penguapan Air Laut dengan Proses Evaporasi Menggunakan Metode Polynomial

Natrium klorida membentuk kristal pada keadaan kering, tetapi seperti garam lainnya dalam tubuh, mudah dilarutkan dalam air. Jika garam larut dalam air, komponennya terpisah sebagai partikel yang disebut ion. Partikel ion terlarut ini dikenal sebagai elektrolit (Hoiriyah, 2019).

II.1.3 Sumber Utama Garam

Garam adalah suatu senyawa ion yang terdiri dari kation basa dan anion sisa asam. Garam (NaCl) tidak dikonsumsi pada proses elektro kimia, oleh karena itu untuk membuat konsentrasi elektrolit konstan perlu ditambahkan larutan dalam hal ini adalah H₂O atau aquades. Konsentrasi yang semakin tinggi yaitu gabungan antara NaCl dan H₂O akan menyebabkan kadar hidrogen dan asam yang terbentuk semakin tinggi (Putri, Prihandono and



Model Matematik Laju Penguapan Air Laut dengan Proses Evaporasi Menggunakan Metode Polynomial

Supriadi, 2017). Ada tiga sumber utama garam yaitu:

- a. Garam solar, dimana diperoleh dengan cara penguapan dari air garam baik yang dari laut atau dari danau garam daratan. Danau dikenal dengan dua jenis danau yaitu danau air tawar dan danau air asin. Danau air asin ini lah yang mengalami proses evaporasi sinar matahari secara kontinu mengakibatkan berat jenis air danau semakin besar sehingga terbentuknya kristal-kristal garam atau natrium kloride (NaCl)



Gambar II.1 Penambangan Garam pada Danau
Garam



Model Matematik Laju Penguapan Air Laut dengan Proses Evaporasi Menggunakan Metode Polynomial

- b. Garam Tambang merupakan garam yang berada di alam seperti pada batuan yang tersusun atas garam. Garam tambang diperoleh dari proses penambangan sedalam serinu kaki atau lebih dari nawah permukaan bumi



Gambar II.2 Penambangan Garam Pada
Tambang Garam

- c. Garam yang diperoleh dari penguapan dengan snar matahari merupakan garam yang diperoleh dari sumber air yang mengandung garam dan bahan pengotor



Model Matematik Laju Penguapan Air Laut dengan Proses Evaporasi Menggunakan Metode Polynomial

lainnya. Garam yang diperoleh dari proses penguapan dengan sinar matahari seperti air laut atau air payau mengandung kotoran kimia dan *mikrobia halofisis* yang toleran terhadap garam. Kualitan garam yang dihasilkan mengandung natrium klorida (NaCl yang rendah kurang lebih 80-90%) dan sisanya pengotornya. Kualitas garam sangat berepengaruh dengan kualitas bahan baku (air laut atau air payau).

II.1.4 Karakteristik Air Laut

Air laut juga mempunyai karakteristik sebagai berikut:

- a. Air laut terasa asin yang disebabkan karena air laut mengandung garam natrium klorida (NaCl)
- b. Air laut terasa pahit yang disebabkan karena air laut mengandung garam garam



Model Matematik Laju Penguapan Air Laut dengan Proses Evaporasi Menggunakan Metode Polynomial

- seperti magnesium sulfat, kalsium klorida, dan magnesium klorida.
- c. Air laut mengakibatkan pergearakn yang disebabkan dalam air laut mengandung padata terlarut cukup tinggi
 - d. Air laut mengakibatkan kerak yang disebabkan karena air laur mengandung ion sulfat.

(Muljani,Sumada and Pujiastuti, 2021)

II.1.5 Nozzle

Nozzle adalah alat penyemprotan aliran fluida cair atau gas untuk meningkatkan kecepatan aliran keluar. Nozzle merupakan alat berbentuk tabung yang memiliki penampang bervariasi. Penggunaan Nozzle untuk mengarahkan atau memodifikasi aliran cairan atau gas digunakan untuk mengontrol laju aliran, kecepatan, arah, massa, bentuk, dan



Model Matematik Laju Penguapan Air Laut dengan Proses Evaporasi Menggunakan Metode Polynomial

tekanan. Nozzle memiliki fungsi untuk memecah cairan fluida menjadi butiran partikel halus yang menyerupai kabut (Firmansyah, Qiram and Rubiono, 2021).

II.1.6 Jenis jenis garam

Berikut adalah jenis jenis garam yang dapat di temukan, dimana garam dikategorikan dalam dua kelompok yaitu garam konsumsi dan garam industry.

1. Garam yang dihasilkan dari proses penguapan dan kristalisasi air laut dikenal dengan istilah garam kasar (krosok), garam krosok ini memiliki kualitas yang rendah yaitu kadar natrium klorida (NaCl) rata-rata hanya 85%, dan mengandung bahan pengotor seperti magnesium sulfat (MgSO_4) kalsium sulfat (CaSO_4), magnesium klorida (MgCl_2), kalium



Model Matematik Laju Penguapan Air Laut dengan Proses Evaporasi Menggunakan Metode Polynomial

klorida (KCl) dan pengotor tanah. Garam krosok ini tidak dapat dikonsumsi secara langsung oleh masyarakat maupun sebagai bahan baku atau bahan penolong untuk kebutuhan industri seperti industri soda, minyak, tekstil dan sebagainya karena kadar NaCl nya masih dibawah Standar Nasional Indonesia (SNI).

2. Garam konsumsi adalah garam konsumsi beryodium dengan kandungan natrium klorida (NaCl) minimum 94,7 % atas dasar basis kering (adbk), air maksimum 7 %, bagian yang tidak larut dalam air maksimum 0,5 %, kandungan cadmium (Cd) maksimum 0,5 mg/kg, kandungan timbal (Pb) maksimum 10 mg/kg, kandungan Raksa (Hg) maksimum 0,1 mg/kg dan kandungan arsen (As) maksimum



Model Matematik Laju Penguapan Air Laut dengan Proses Evaporasi Menggunakan Metode Polynomial

0,1 mg/kg, serta kandungan KIO₃ minimal
30 mg/kg,

3. Garam industri adalah garam yang dibutuhkan sebagai bahan baku atau bahan penolong untuk industri. Garam industri digunakan untuk kebutuhan farmasi, kosmetik, tekstil, dan sebagainya.

(Sumada, Dewati and Suprihatin, 2018)

II.2 Landasan Teori

II.2.1 Laju Penguapan

Laju penguapan air bahan merupakan jumlah air yang dapat diuapkan secara simultan. Laju penguapan akan menunjukkan kemampuan untuk menguapkan air dengan menggunakan energy panas yang berasal dari energy panas matahari dan laju penguapan ditentukan baik oleh laju perpindahan panas ke dalam bahan dan laju massa pindah panas uap



Model Matematik Laju Penguapan Air Laut dengan Proses Evaporasi Menggunakan Metode Polynomial

air dari bahan cair. Pada awal evaporasi laju penguapan masih kecil karna dengan tekanan yang diatur konstan, laju penguapan tergantung pada suhu sehingga laju penguapan meningkat seiring dengan meningkatnya suhu bahan akibat panas yang terus menerus diberikan dari matahari (Haji, Wirosuedarmo and Tyas, 2018).

II.2.2 Air Laut

Air laut memiliki kadar garam rata-rata 3,5%. zat-zat garam-garaman yang utama yang terkandung dalam air laut adalah Klorida (55%), Natrium (31%), Sulfat (8%), Magnesium (4%), Kalsium (1%), Potasium (1%) dan sisanya kurang dari 1% terdiri dari Bikarbonat, Bromida, asam Borak, Strontium dan Florida. Air laut merupakan campuran dari 96,5% air murni dan 3,5% material lainnya seperti garam-garaman, gas-gas terlarut, bahan-



Model Matematik Laju Penguapan Air Laut dengan Proses Evaporasi Menggunakan Metode Polynomial

bahan organik dan partikel-partikel tak terlarut. Air laut memiliki kadar garam karena bumi dipenuhi dengan garam mineral yang terdapat di dalam batu batuan dan tanah. Contohnya Natrium, Kalium, Kalsium, dan lain-lain. Apabila air sungai mengalir ke lautan, air tersebut membawa garam. Ombak laut yang memukul pantai juga dapat menghasilkan garam yang terdapat pada batu-batuan. Lama-kelamaan air laut menjadi asin karena banyak mengandung garam (Adriani, 2020) Pada tahap awal proses evaporasi garam, air laut yang masuk biasanya mempunyai 0 hingga 3 derajat Be (Syafii *et al.*, 2022). Suatu proses pembentukan garam pada air laut supaya bisa mengkristal diperlukan konsentrasi antara 25 - 29° Be atau di sebut air tua. Air tua memiliki karakteristik tidak berwarna dan dan jernih terbebas dari kotoran dengan kepekatan sekitar



Model Matematik Laju Penguapan Air Laut dengan Proses Evaporasi Menggunakan Metode Polynomial

25°Be. Tahap kristalisasi menggunakan air tua dengan nilai skala Baume 25 °Be dapat mengoptimalkan pencapaian kadar NaCl garam yang diproduksi. Air tua yang diuapkan hingga kepekatannya mencapai 28°Be akan mengkristal dan siap untuk dipanen (M.Sc. *et al.*, 2023)

II.2.3 Analisis Regresi

Analisis regresi adalah analisis yang bertujuan untuk menunjukkan suatu hubungan matematis antara variabel terikat dengan variabel bebas. Tujuan utama dalam penggunaan analisis yaitu untuk memprediksi nilai dari suatu variabel dalam hubungannya dengan variabel lainnya yang dapat diketahui melalui persamaan regresi (Malensang, Komalig and Hatidja, 2013). Prinsip dasar yang harus dipenuhi dalam membangun suatu persamaan regresi adalah bahwa antara



Model Matematik Laju Penguapan Air Laut dengan Proses Evaporasi Menggunakan Metode Polynomial

variabel dependent dengan variabel independent mempunyai sifat hubungan sebab akibat (hubungan kausalitasi), baik yang didasarkan pada teori, hasil penelitian sebelumnya, ataupun yang didasarkan pada penjelasan logis tertentu (Algifari, 2000).

II.2.4 Regresi Polynomial

Polinomial adalah salah satu persamaan dalam matematika yang melibatkan perkalian, pangkat, dan nilai variabel. Berikut adalah bentuk dasar dari polynomial

$$f(x) = a_n x^n + a_{n-1} x^{n-1} + a_{n-2} x^{n-2} + \dots + a_0 \dots \dots \dots (1)$$

x adalah variabel yang akan dicari, n adalah pangkat tertinggi, f(x) adalah fungsi dari persamaan tersebut, n adalah bilangan cacah. Akar persamaan polinomial adalah nilai dari x variabel yang mempunyai nilai $f(x) = 0$. Jadi, bila nilai x dimasukkan dalam persamaan,



Model Matematik Laju Penguapan Air Laut dengan Proses Evaporasi Menggunakan Metode Polynomial

hasilnya adalah nol (Oei, Darmawan and Antonius, 2017).

II.2.5 Persamaan Model Matematik Laju Penguapan

Data evaporasi merupakan salah satu data penting dalam perencanaan pengelolaan sumberdaya air. Sehubungan dengan sangat terbatasnya ketersediaan data evaporasi yang dapat terjadi karena kerusakan alat pengukur, adanya gangguan pada alat pengukur atau tidak adanya stasiun klimatologi maka perlu adanya suatu model pendugaan evaporasi dengan persamaan tertentu. Bentuk dasar persamaan dapat digunakan untuk memperoleh model matematis evaporasi. Maka persamaannya yaitu,



Model Matematik Laju Penguapan Air Laut dengan Proses Evaporasi Menggunakan Metode Polynomial

$$Y = ax^2 + bx + c \dots \dots \dots (2)$$

(Febriyan Rachmawati, 2020)

Nilai X diperoleh dengan mempelajari pengaruh debit air laut (Q), jumlah spray, luas nozzle (A_n), waktu evaporasi (t) dan derajat Be terhadap laju evaporasi air laut. Pengaruh debit air laut terhadap laju evaporasi berbanding lurus, dimana semakin besar debit air laut maka kecepatan penguapan akan semakin tinggi. Hal ini dikarenakan semakin besar aliran air laut yang keluar menyebabkan luas kontak antara air laut dengan udara dan panas matahari semakin besar, sehingga menyebabkan jumlah air yang teruapkan semakin besar. Pengaruh jumlah spray berbanding lurus dengan laju evaporasi, dimana semakin banyak jumlah spray yang terpasang, maka volume air laut akan semakin banyak sehingga laju evaporasi semakin cepat.



Model Matematik Laju Penguapan Air Laut dengan Proses Evaporasi Menggunakan Metode Polynomial

Pengaruh luas nozzle terhadap laju evaporasi berbanding terbalik, dimana semakin kecil diameter nozzle akan semakin kecil ukuran butiran air yang dihasilkan sehingga laju penguapan semakin tinggi. Hal ini dikarenakan semakin kecil butiran air yang dihasilkan luas permukaan perpindahan massanya semakin besar dan laju penguapan akan semakin tinggi. Pengaruh waktu evaporasi berbanding berbalik, dimana penurunan nilai kadar air yang disebabkan menguapnya air yang ada dalam kandungan larutan air garam akan terus berlangsung dengan semakin lamanya waktu yang digunakan selama evaporasi. Maka, semakin lama waktu yang digunakan selama evaporasi menyebabkan laju penguapan yang terjadi semakin cepat karena kadar air yang ada semakin berkurang. Pengaruh derajat be terhadap laju evaporasi berbanding terbalik, hal



Model Matematik Laju Penguapan Air Laut dengan Proses Evaporasi Menggunakan Metode Polynomial

ini karena evaporasi dipengaruhi oleh kadar air larutan dimana semakin rendah kadar air maka larutan menjadi semakin pekat sehingga laju penguapan semakin turun karena semakin sukar terbentuk uap.

Dengan mempertimbangkan parameter-parameter yang berpengaruh pada laju evaporasi air laut, maka nilai X yang digunakan sebagai berikut:

$$X = \frac{Q \cdot N}{An \cdot t \cdot Be} \dots \dots \dots (3)$$

Keterangan:

X= Variabel

Q= Debit air ($\frac{cm^3}{jam}$)

N= Jumlah Spray

An= Luas Nozzel (mm^2)

t= Waktu evaporasi (jam)

Be= Kenaikan kadar garam (%)



Model Matematik Laju Penguapan Air Laut dengan Proses Evaporasi Menggunakan Metode Polynomial

Rumus untuk menghitung persen kesalahan sebagai berikut:

$$\% \text{Kesalahan} = \{(Y_{\text{model}} - Y_{\text{data}})/Y_{\text{model}}\} \times 100\% \dots\dots\dots(4)$$

Pengujian model dilakukan dengan melakukan perhitungan terhadap seberapa besar tingkat kesalahan model matematis yang didapat terhadap data awal. Hasil persen kesalahan yang di perbolehkan < dari 10%, Persen kesalahan yang melebihi 10% dapat disebabkan oleh beberapa faktor yang terjadi di lapangan. (Muljani, Sumada and Pujiastuti, 2021).



II.2.6 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Laju Penguapan

Adapun faktor-faktor yang dapat mempengaruhi laju penguapan antara lain:

a. Derajat Be

Penguapan dipengaruhi oleh kadar air larutan dimana semakin rendah kadar air maka larutan menjadi semakin pekat sehingga laju penguapan semakin turun karena semakin sukar terbentuk uap.

(Haji, Wirosoedarmo and Tyas, 2018)

b. Debit

Debit berpengaruh pada laju penguapan, dimana semakin besar debit air laut maka kecepatan penguapan akan semakin tinggi. Hal ini dikarenakan semakin besar aliran air laut yang keluar dari nozzle menyebabkan luas kontak antara air laut dengan udara dan panas matahari akan



Model Matematik Laju Penguapan Air Laut dengan Proses Evaporasi Menggunakan Metode Polynomial

semakin besar dan menyebabkan jumlah air yang teruapkan semakin besar.

(Firdausi *et al.*, 2021)

c. Waktu evaporasi

Penurunan nilai kadar air yang disebabkan menguapnya air yang ada dalam kandungan larutan air garam akan terus berlangsung dengan semakin lamanya waktu yang digunakan selama evaporasi. Maka, semakin lama waktu yang digunakan selama evaporasi menyebabkan laju penguapan yang terjadi semakin cepat karena kadar air yang ada semakin berkurang.

(Syakdani, Purnamasari and Necessary, 2019)

d. Jumlah Spray

Jumlah spray yang terpasang dapat mempengaruhi terhadap laju evaporasi air laut, semakin banyak jumlah spray yang



Model Matematik Laju Penguapan Air Laut dengan Proses Evaporasi Menggunakan Metode Polynomial

terpasang maka volume air laut yang di spray kan akan semakin banyak sehingga waktu evaporasi penguapannya semakin cepat begitu pula sebaliknya.

(Muljani, Sumada and Pujiastuti, 2021).