

SAINTEKS: JURNAL SAIN DAN TEKNIK

Volume 1, Nomor 2 Tahun 2019

E-ISSN: 2685-8304

Sistem Pengolahan Air Limbah Elektroplating Berbasis Nikel

Djaenudin, Galu Murdikaningrum, Kenny Kencanawati, Wendi Hermawan

57-68

Perbandingan Model Characteristic Drying Rate Curve dan Reaction Engineering Approach Berdasarkan Hasil Eksperimen Pengeringan Mango Tissues

Johannes Martua Hutagalung

69-76

Penentuan Jumlah Pesanan Bahan Baku Pada Sistem Persediaan Backorder Di PT ABC

Tombak Gapura Bhagya

77-87

Studi Tentang Program Operasi Danau Jatiluhur Jernih untuk Mendukung Revitalisasi Waduk Jatiluhur

Riza Rizkiah

87-98

Pengaruh Taut Silang Natrium Tripolifosfat Dengan Kitosan Terhadap Sifat Fisis Chitosan Edible Film Sebagai Drug Delivery System

Mutiara Putri Utami Susanto

98-103

Analisis Faktor-Faktor Penerimaan Konsumen Pada Aplikasi E-Marketplace Lazada Menggunakan TAM

Graha Prakarsa

103-115

Diterbitkan Oleh:
UNIVERSITAS BANDUNG RAYA dpm. UNIVERSITAS INSAN CENDEKIA MANDIRI

Fakultas Teknik
Jl . Banten 11 Bandung, Jawa Barat
<http://sainteks.uicm-unbar.ac.id>



UICM-UNBAR

www.uicm-unbar.ac.id



Perbandingan Model *Characteristic Drying Rate Curve* dan *Reaction Engineering Approach* Berdasarkan Hasil Eksperimen Pengeringan *Mango Tissues*

Johannes Martua Hutagalung

Prodi Teknik Kimia Universitas Bandung Raya, Jl. Banten No. 11 Bandung, 40272

Email : johannesmartua85@gmail.com

Abstract : Dry Processing was generally consist of two model mathematics, empirical and mechanistic model. CDRC (*Characteristic Drying Rate Curve*) and REA (*Reaction Engineering Approach*) are one of mechanistic model to find physic condition in all term, which is empirical model hasn't. The results obtained by simulation are shown with the temperature profile and the moisture content of mango tissues that has previously been validated according to the literature. Mean square error and explained variation value showed similarity value between moisture content and temperature. Experiment data for REA using drying temperature at 338K and Y at 0,0134kg H₂O/kg dry air. CDRC is divided by two approaching model, *Constant Rate Period (CRP)* and *Falling Rate Period (FRP)* at temperature 338K. To find the relative activation energy as amount of losing moisture content, temperature used at 328K. The result showed are CDRC and REA model relatively similar, which is CDRC closer to experiment data. For drying curve, moisture content of mango tissues is descending exponentially at the time of drying. But for temperature curve against time of drying, temperature of mango tissues is ascending exponentially.

Keywords : Dry Processing, Mango Tissue, *Characteristic Drying Rate Curve*, *Reaction Engineering Approach*

Abstrak : Proses pengeringan dapat dimodelkan secara umum menjadi dua model matematika, model empirikal dan mekanistik. CDRC (*Characteristic Drying Rate Curve*) and REA (*Reaction Engineering Approach*) adalah salah satu model mekanistik untuk mencari kondisi fisis di semua bagian, yang tidak bisa dilakukan oleh model empirikal. Hasil yang diperoleh dengan cara simulasi menunjukkan profil temperatur dan kadar air pada jaringan mangga yang telah divalidasi berdasarkan literatur. Mean square error dan nilai variasinya menunjukkan kemiripan antara kadar air dan temperatur. Data eksperimen untuk REA menggunakan temperatur pengeringan 338K dan nilai Y pada 0,0134kg H₂O/kg udara kering. CDRC dibagi menjadi dua pendekatan model, *Constant Rate Period (CRP)* dan *Falling Rate Period (FRP)* pada temperatur 338K. Penentuan energi aktivasi relatif diperoleh sebagai jumlah kadar air yang hilang, pada temperatur 328K. Hasil yang ditunjukkan model CDRC dan REA relatif sama, dimana CDRC lebih mendekati data eksperimen. Pada kurva pengeringan, kadar air jaringan mangga menurun secara eksponensial sedangkan temperatur jaringan mangga menaik secara eksponensial.

Kata kunci : Proses pengeringan, jaringan mangga, *characteristic drying rate curve*, *reaction engineering approach*

PENDAHULUAN

Proses pengeringan (*drying*) dapat dimodelkan dengan sejumlah model matematika yang diklasifikasikan menjadi model empirikal dan mekanistik. Model empirikal merupakan model yang disusun berdasarkan data-data percobaan yang dapat mendeskripsikan laju pengeringan dengan cukup baik namun model ini tidak dapat memberikan makna fisis yang terjadi selama proses pengeringan dan hanya berlaku untuk rentang kondisi tertentu, sedangkan model mekanistik merupakan model yang diperoleh berdasarkan fenomena yang terjadi di dalam pengeringan dan bisa diterapkan untuk semua kondisi, model ini terbagi menjadi *lumped model* dan *spatial model*. proses pengeringan *mango tissues* dilakukan dengan *intermittent drying* menggunakan lumped model seperti yang dilakukan dalam jurnal *Enthalpy-driven optimization of intermittent drying of Mangifera indica L* [Vaquiro, et. al, 2009]. *Intermittent drying* meliputi dua periode, yaitu *heating* dan *resting period*. Pada *heating period*, panas disuplai secara kontinyu selama waktu tertentu, kemudian dilanjutkan dengan *resting period*, di mana terjadi perubahan temperatur dan *moisture content* tanpa adanya suplai panas. Parameter-parameter

dari model yang akan disimulasi dan dioptimasi oleh Vaquiro,et.al (2009) diperoleh melalui *experimental data fitting* terhadap hasil eksperimen yang dilakukan baik dengan proses kontinyu maupun *intermittent*, dengan variasi temperatur pemanasan 45, 50, 55, 60, 65°C untuk memvalidasi model yang telah disusun, dilakukan pula tambahan satu set eksperimen *intermittent drying*.

Tabel 1. Data eksperimen mango tissues dan udara pengering

Produk	Satuan
L (<i>cube half thickness</i>)	$1,25e^{-2} \pm 0,06e^{-2}$ m
Xo (kadar air awal)	$9,3 \pm 2,2$ kg.kg ⁻¹
\bar{X}_f (kadar air akhir rata-rata)	$0,36 \pm 0,14$ kg.kg ⁻¹
To (temperatur produk awal)	$10,8 \pm 1,8$ °C
ρ_{ds} (densitas padatan kering)	$97,1 \pm 19,2$ kg.m ⁻³
Udara pengering	Satuan
ϕ_{∞} (<i>relative humidity</i>)	$0,6 \pm 0,07$ (pada T _R)
T _∞ (temperatur udara)	Heating : T _H = 45,50,55,50,65 °C Resting : T _R = 27,1 ± 1,6 °C
v (kecepatan udara)	Heating : 4 m.s ⁻¹

Data eksperimen yang digunakan temperatur pengeringan 338 K dan Y=0,0134 kg H₂O/kg udara kering, untuk persamaan *relative activation energy* untuk *mango tissues* dengan model REA, data yang digunakan adalah berdasarkan hasil eksperimen pada 328 K dan Y=0,0134 kg H₂O/kg udara kering. Penyelesaian persamaan neraca massa dan energi secara simultan dilakukan dengan menggunakan bantuan *software* Matlab.

METODOLOGI

Pengeringan yang dilakukan terhadap mango tissues dengan membandingkan dua pendekatan model, yaitu:

1. Pendekatan *Characteristic Drying Rate Curve* (CDRC)

Laju pengeringan dimodelkan sebagai $N = \xi N_c$ di mana untuk $X > X_c$, $\xi = 1$ sedangkan untuk $X < X_c$, $\xi = \Phi^j$ di mana $\Phi = \frac{X - X_e}{X_o - X_e}$. Setelah itu, melakukan perhitungan nilai h_m (koefisien perpindahan massa (m.s⁻¹), nilai $\rho_{v,sat}$ pada T_{wb}(temperatur bola basah) = 303K (dari *psychrometric chart*, pada kondisi T_{db} = 338 K, Y = 0,0134 kg/kg), nilai $\rho_{v,b}$ [konsentrasi uap air dari medium pengering (kg.m⁻³)], nilai N_c [laju pengeringan pada *critical condition* (kg H₂O.m⁻².s⁻¹)], nilai m_s [massa padatan dalam basis kering (kg)], nilai A [luas permukaan penguapan (m²)], nilai X_e [*equilibrium moisture content* dalam basis kering (kg H₂O/kg padatan kering)], nilai h [koefisien perpindahan panas konvektif (W.m⁻².K⁻¹)], nilai Cp [kapasitas panas sampel (kJ.kg⁻¹.K⁻¹)], dan nilai ΔH_{vap} [entalpi penguapan dari air (kJ.kg⁻¹)]. Setelah memperoleh nilai masing-masing variabel tersebut maka disusun persamaan neraca massa dan neraca energi.

2. Pendekatan *Reaction Engineering Approach* (REA)

Pada REA, evaporasi dimodelkan dengan kinetika orde nol dengan energi aktivasi, sedangkan kondensasi dimodelkan dengan kinetika orde satu tanpa energi aktivasi. Persamaan neraca massa dapat disusun sebagai berikut :

$$m_s \frac{dX}{dt} = -h_m A \left(\exp\left(\frac{-\Delta E_v}{RT_s}\right) \rho_{v,sat}(T_s) - \rho_{v,b} \right)$$

2.1 Penentuan persamaan *Relative Activation Energy*

Nilai dari ΔE_v perlu ditentukan dari hasil eksperimen dimana penentuan persamaan *relative activation energy* berdasarkan $T = 338^{\circ}K$, begitu juga nilai $\frac{dX}{dt}$, nilai A [luas permukaan penguapan (m^2)], nilai m_s [massa padatan dalam basis kering (kg)], nilai $\rho_{v,b}$ [(konsentrasi uap air dari medium pengering) = $kg.m^{-3}$], nilai $\rho_{v,sat}$ [(konsentrasi uap air *saturated*) = $kg.m^{-3}$], dan nilai h_m (koefisien perpindahan massa ($m.s^{-1}$)). Dengan demikian, hubungan antara *activation energy* dan *average moisture content* dapat dinormalisasikan menjadi :

$$\frac{\Delta E_v}{\Delta E_{vb}} = f(X - X_b)$$

2.2 Pembuatan model REA

Nilai parameter yang diperlukan dalam penyusunan neraca massa dan energi sama dengan perhitungan yang dilakukan pada parameter model CDRC sebagai berikut:

Tabel 2. Data parameter dalam pemodelan REA dan CDRC

h_m ($m.s^{-1}$)	0,03748
m_s (kg)	0,000204
$\rho_{v,b}$ ($kg.m^{-3}$)	0,01372
h ($W.m^{-2}.K^{-1}$)	33,96
ΔH_{vap} ($J.kg^{-1}$)	2336747,11

Untuk penyusunan neraca massa, maka ditulis sebagai berikut :

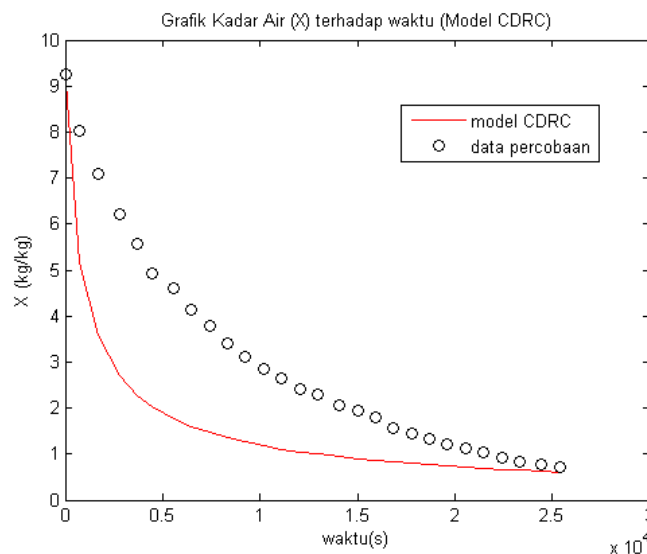
$$\frac{dX}{dt} = -\frac{h_m A}{m_s} \left(\exp\left(\frac{-\Delta E_v}{RT_s}\right) \rho_{v,sat}(T_s) - \rho_{v,b} \right)$$

Sementara penyusunan neraca energi ditulis sebagai :

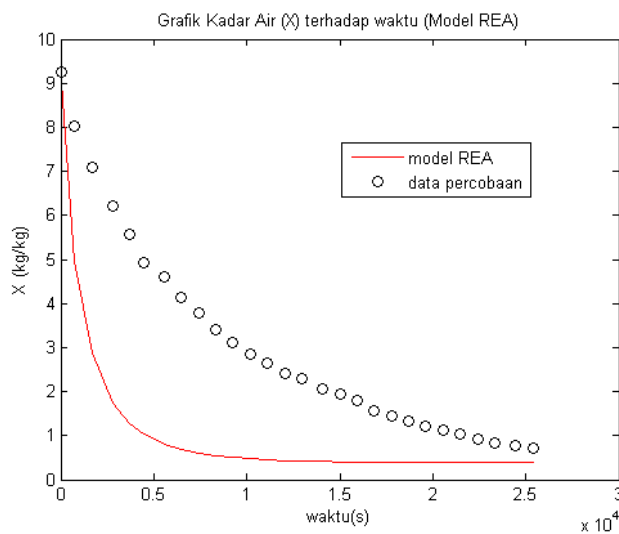
$$m_s C_p \frac{d(1 + X)T}{dt} = h A (T_b - T) + m_s \frac{dX}{dt} \Delta H_{vap}$$

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

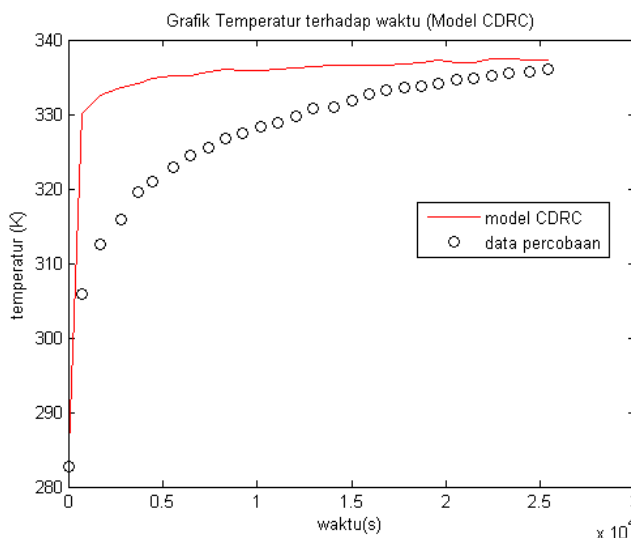
Hasil pemodelan dengan model CDRC dan REA jika luas permukaan $A = 6s$ yaitu sebagai berikut :



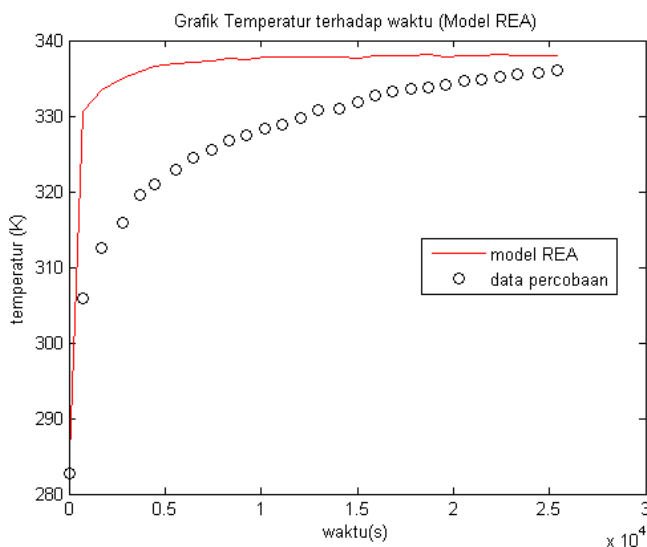
Gambar 1. Grafik kadar air terhadap waktu pada model CDRC, A = 6S



Gambar 2. Grafik kadar air terhadap waktu pada model REA, A = 6S

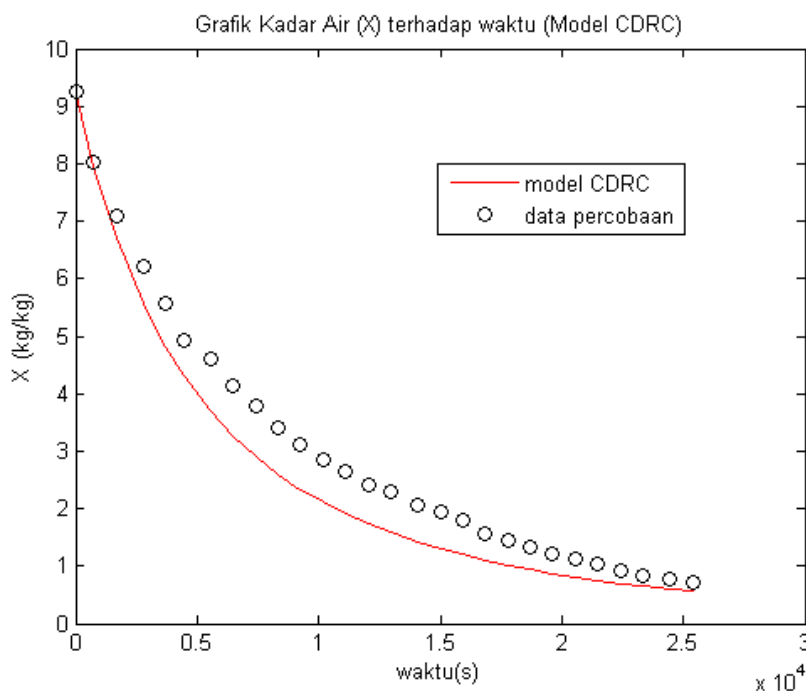


Gambar 3. Grafik Temperatur terhadap Waktu pada model CDRC, A = 6S

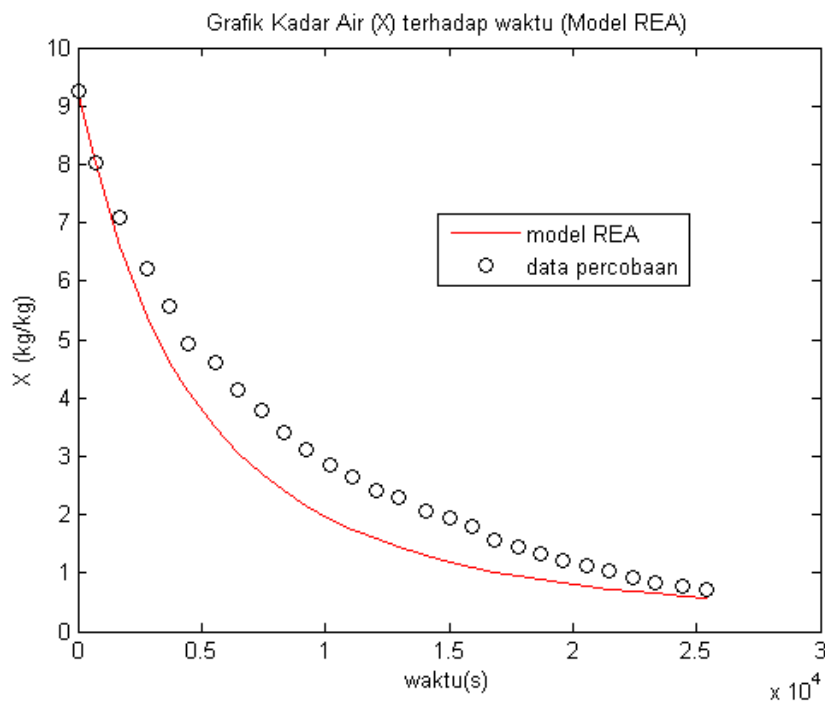


Gambar 4. Grafik Temperatur terhadap waktu pada model REA, $A = 6S$

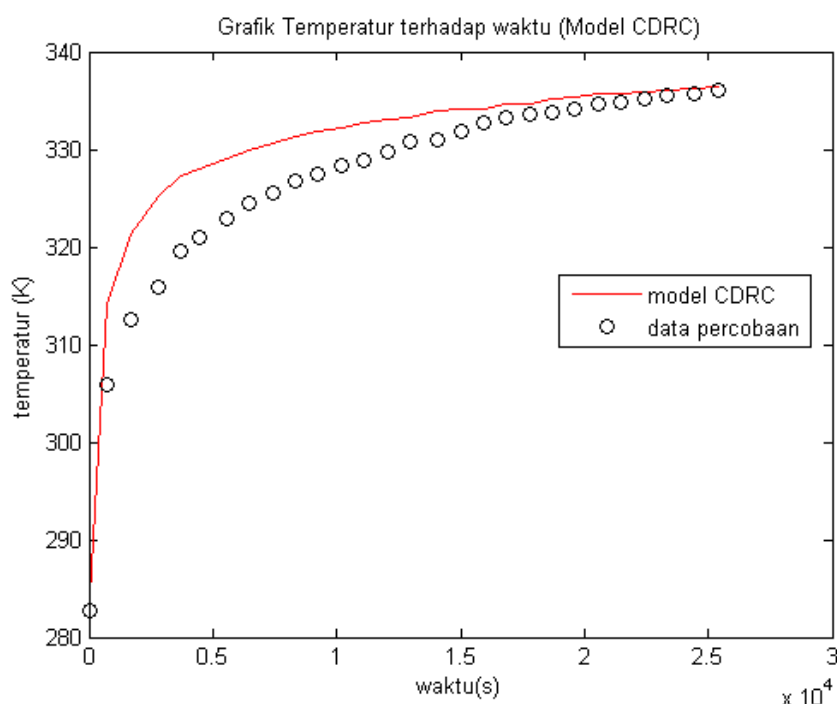
Apabila luas pengeringan $A = S$, maka hasil yang diperoleh yaitu sebagai berikut :



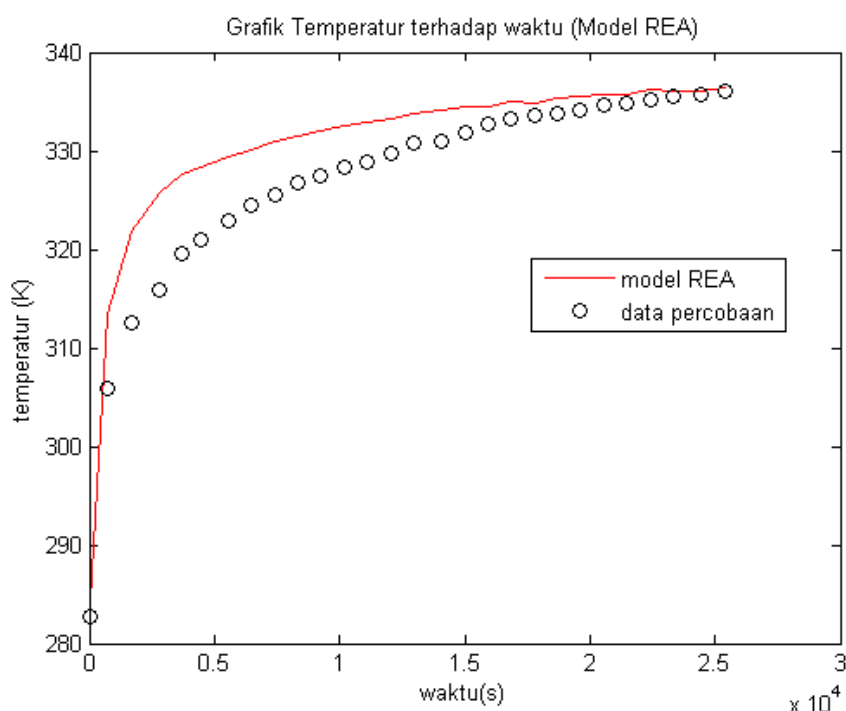
Gambar 5. Grafik Kadar air terhadap waktu pada model CDRC, $A = S$



Gambar 6. Grafik Kadar air terhadap waktu pada model REA, $A = S$

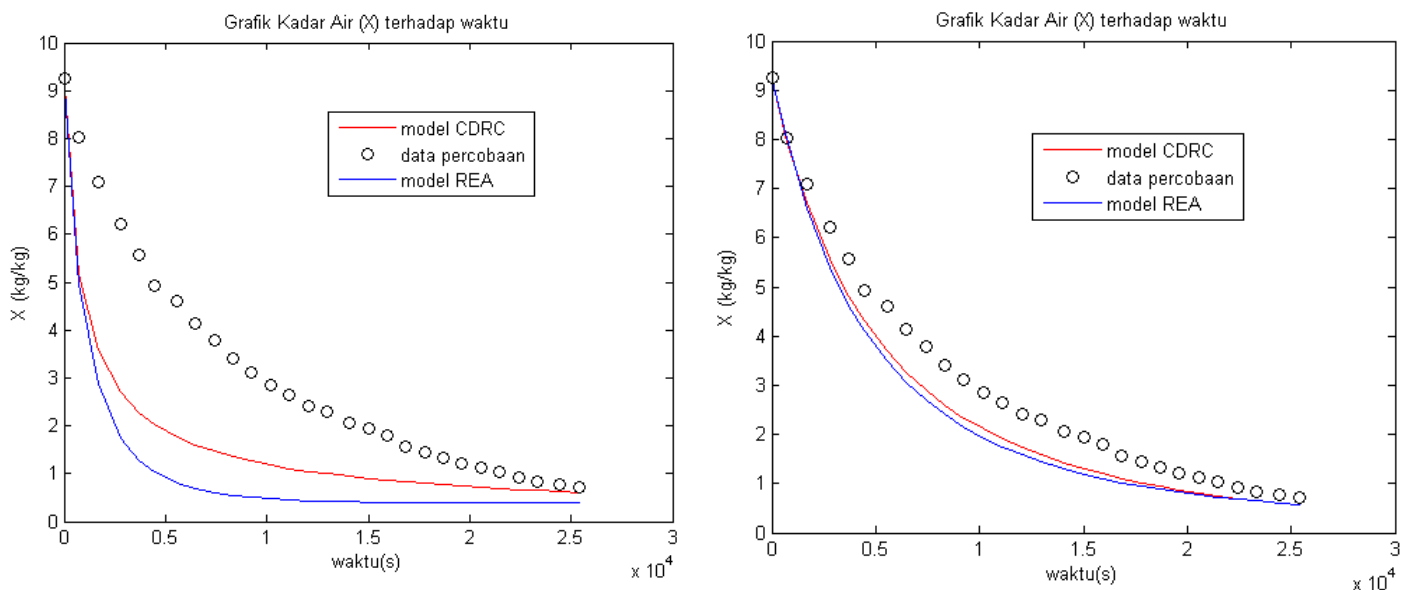


Gambar 7. Grafik Temperatur terhadap Waktu pada model CDRC, $A = S$



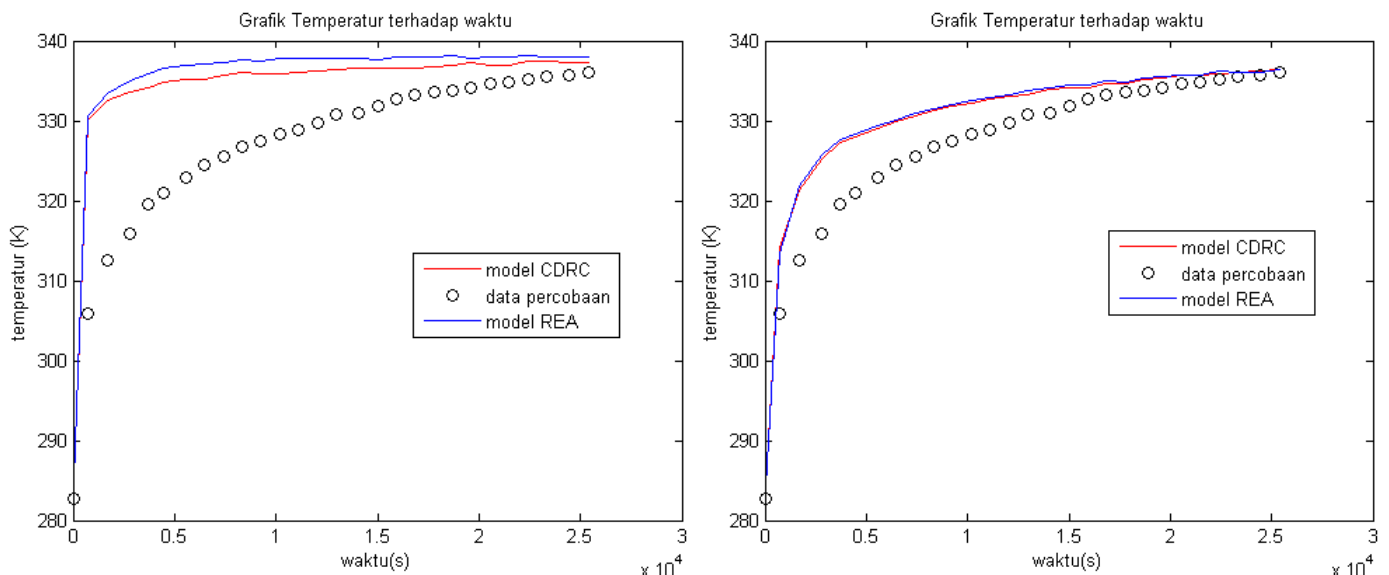
Gambar 8. Grafik Temperatur terhadap Waktu pada model REA, $A = S$

Model CDRC maupun REA dibuat berdasarkan perhitungan luas permukaan pengeringan (A) dianggap sama seperti luas permukaan *mango tissues* yang berbentuk kubus, yaitu 6 kali luas sisi kubus (S). Namun model yang diperoleh tidak begitu baik dalam mewakili data percobaan, baik model yang dibuat dengan pendekatan CDRC maupun REA. Oleh karena itu, supaya model yang dihasilkan lebih mendekati data percobaan, penulis menambahkan asumsi yaitu pengeringan hanya terjadi di bagian atas kubus saja, sehingga A dianggap sama dengan S .



Gambar 9. Hasil pemodelan kurva pengeringan dengan model REA dan CDRC
(a) $A=6S$ dan (b) $A=S$

Berdasarkan gambar di atas, dapat dilihat bahwa baik model REA maupun CDRC menghasilkan grafik *drying curve* dengan kecenderungan yang sama dengan data percobaan, di mana *moisture content* (X) dari sampel akan berkurang secara eksponensial seiring berjalannya waktu pengeringan. Namun hasil pemodelan awal menunjukkan laju penurunan X yang lebih cepat dibandingkan data percobaan hingga mencapai suatu nilai X yang konstan ketika pengeringan baru berjalan kurang lebih 10.000 detik. Hal ini menyebabkan model yang dihasilkan menunjukkan perbedaan yang cukup signifikan dibandingkan data percobaan. Sedangkan untuk pemodelan dengan asumsi $A=S$, laju penurunan X cukup stabil dan menyerupai data hasil percobaan.



Gambar 10. Hasil pemodelan temperatur sampel sepanjang pengeringan dengan model REA dan CDRC,
(a) $A=6S$ (b) $A=S$

Hal yang sama juga terjadi pada saat memodelkan grafik temperatur sampel terhadap waktu pengeringan. Data percobaan menunjukkan kecenderungan di mana temperatur sampel akan meningkat seiring dengan berjalannya waktu pengeringan. Namun model CDRC dan REA yang dihasilkan menunjukkan peningkatan temperatur yang signifikan pada tahap awal pengeringan. Untuk pemodelan dengan asumsi $A=S$, kenaikan temperatur masih terlalu cepat dibandingkan data percobaan, namun temperatur akhir yang dicapai sudah mendekati data percobaan.

Ada beberapa hal penting yang perlu dipertimbangkan untuk memutuskan model manakah yang lebih baik dalam kasus pengeringan *mango tissues* ini:

1. Pada model CDRC, dilakukan asumsi nilai X_c dan *trial and error* untuk nilai j . Hal ini dilakukan karena untuk mendapatkan nilai X_c dan j , diperlukan eksperimen tersendiri mengingat nilainya bergantung pada kondisi pengeringan.
2. Pada model CDRC, perlu diketahui nilai temperatur bola basah (T_{wb}) yang didapat dari interpolasi *psychrometric chart*. Interpolasi yang dilakukan memiliki tingkat keakuratan yang tidak terlalu baik karena dilakukan secara manual.
3. Pada model REA, nilai dari temperatur permukaan (*surface*) sampel dianggap sama dengan temperatur sampel yang diukur pada saat percobaan.
4. Model CDRC tidak begitu baik dalam menggambarkan profil temperatur dan kadar air pada periode pemanasan/pendinginan sebelum periode CRP, namun pada kasus pengeringan *mango tissues* ini, tidak tampak adanya periode CRP sehingga model CDRC yang digunakan sama baiknya dengan model REA.

SIMPULAN

Model CDRC maupun REA memiliki kelemahan dan kelebihan masing-masing. Model REA lebih fleksibel untuk diterapkan pada berbagai kondisi percobaan dengan adanya persamaan *relative activation energy*, dengan ketentuan sampel yang digunakan dan kandungan air awalnya sama. Model CDRC lebih sederhana, namun penerapannya memerlukan nilai X_c dan j yang perlu ditentukan melalui eksperimen. Hasil pemodelan pengeringan *mango tissues* menggunakan pendekatan CDRC maupun REA menunjukkan kemiripan dan kecenderungan yang sama, baik untuk kurva pengeringan maupun kurva temperatur. Untuk kurva pengeringan, seiring dengan berjalannya waktu pengeringan, kandungan air di dalam sampel semakin berkurang. Sementara untuk kurva temperatur terhadap waktu pengeringan, terlihat bahwa temperatur sampel semakin meningkat seiring berjalannya waktu. Berdasarkan kurva pengeringan yang diperoleh, dapat disimpulkan bahwa pengeringan *mango tissue* tidak melewati tahapan CRP, sehingga model CDRC menunjukkan hasil yang baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Rozana, R. (2016). "Response of Drying Temperature on Drying Rate and Quality of Dried Candied Mango" (Online), Research Gate Publication Journal, diakses 3 Januari 2019)
- Jannah Miftahul. "Pengeringan Osmotik Pada Irisan Buah Mangga Arumanis Dengan Pelapisan Kitosan" (online) (<http://repository.ipb.ac.id/jspui/bitstream/123456789/53691/8/F11mja.pdf>), diakses 4 Februari 2019)
- Vaquiro, H.A., Clemente, G., Garcia Perez, J.V., Mulet, A., Bon, J. Enthalpy driven optimization of intermittent drying of *Mangifera indica* L.. *Chem. Eng. Res. Des.* 2009; 87: 885-898.