

ANALISIS OPTIMASI KADAR TSS DARI FILTRAT BUAH NANAS (*Ananas comosus (L.) Merr*) MENGGUNAKAN SISTEM EVAPORATOR VACUUM**Deviana Malinda¹, Vita Paramita^{2*} dan Edy Supriyo¹**¹PSD III Teknik Kimia, Sekolah Vokasi, Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Sudarto, SH, Tembalang, Semarang 50275.²Teknologi Rekayasa Kimia Industri, Sekolah Vokasi, Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Sudarto, SH, Tembalang, Semarang 50275.

*Email: vparamita00@live.undip.ac.id

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk memekatkan filtrat buah nanas menggunakan proses evaporasi. Dasar dari proses ini adalah pengurangan kadar air di dalam filtrat buah nanas pada tekanan pengukur 65 cmHg dengan variabel bebas meliputi suhu (40–60 °C), konsentrasi (20–40 g/l) dan waktu (30–90 menit), serta menguji parameter terukur meliputi kadar TSS, pH, dan konduktivitas pada hasil akhir evaporasi sebagai variabel bergantung. Hasil studi parameter dioptimasi dengan penentuan variabel berpengaruh menggunakan Central Composite Rotational Design (CCRD). Penelitian memberikan hasil nilai kadar TSS optimum mencapai nilai kadar TSS lebih dari 8000 mg/L dengan konsentrasi 42–44 g/L pada suhu 48–50 °C selama 50–60 menit.

Kata kunci: evaporasi, nanas, kadar TSS

1. PENDAHULUAN

Evaporator merupakan suatu alat yang banyak ditemui dan digunakan dalam proses perindustrian, untuk memekatkan larutan. Peralatan ini digunakan untuk menurunkan kadar air bebas bahan dengan menerapkan prinsip penguapan (evaporasi) zat pelarutnya sampai pada nilai yang diinginkan (Supriatna, 2008). Menurut Praptiningsih (1999), evaporasi merupakan tahap pengentalan larutan dengan menguapkan pelarut yang bertujuan untuk mengurangi volume larutan dan menurunkan aktivitas air.

Banyak bahan pangan yang memanfaatkan alat evaporator untuk membantu proses penyimpanan produksi agar tahan lama diantaranya seperti buah nanas. Penyimpanan nanas di ruang terbuka menghasilkan usia simpan yang pendek, yakni antara 4-6 hari (Hajar dkk, 2012). Pembudidayaan tanaman nanas (*Ananas comosus L.*) awalnya dilakukan di Hawaii, maupun berbagai belahan dunia negara tropis seperti Thailand, Filipina, Brasil dan Meksiko (Lawal, 2013). Namun, pembudidayaan tanaman nanas telah menyebar di seluruh dunia baik daerah tropis maupun sub tropis (Prihatman, 2000).

Penyebaran pembudidayaan nanas di Indonesia meliputi dari Sumatra hingga Papua serta memiliki bermacam jenis nanas dengan kelebihan dan kekurangan berdasarkan daerah tumbuhnya. Nanas dapat tumbuh dengan baik

di daerah dengan iklim berbeda-beda dan ketinggian bervariasi (Irfandi, 2005). Buah nanas berbentuk silinder dan dikelilingi oleh daun pendek-keras yang tersusun spiral, disebut mahkota buah (Sari, 2002).

Diameter dan berat buah nanas bertambah seiring dengan meningkatnya umur nanas, sebaliknya pada tekstur pada buah nanas yang terlalu tua (lewat matang) akan menjadi lunak (Riana, 2012). Penyimpanan nanas pada suhu kamar dapat menyebabkan fermentasi buah dan memicu pembusukan. Kondisi ini mengakibatkan distribusi nanas segar menjadi sulit, untuk itu olahan nanas menjadi pilihan dalam peredarannya. Umumnya, buah olahan di diawetkan dengan berbagai macam modifikasi teknologi pemanasan (Kormendy, 2006).

Pengolahan nanas dengan menggunakan evaporator ini bertujuan untuk memekatkan konsentrasi larutan agar mendapatkan larutan yang memiliki konsentrasi tinggi, mengurangi volume larutan sehingga dapat menurunkan aktivitas air. Salah satu kendala yang dihadapi dalam proses pemekatan dengan alat evaporator adalah sebelum dipekatkan harus di pisahkan atau di ekstraksi agar dapat dihasilkan produk yang terbaik. Oleh karena itu, tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui cara pengkondisian buah nanas sebelum dipekatkan dan dianalisa pH dan konduktivitas pada nanas serta nilai TSS pada filtrat buah nanas yang telah dipekatkan.

2. METODOLOGI

Bahan Penelitian

Bahan utama berupa buah nanas dan aquadest. Buah nanas dibeli di supermarket lokal Tembalang kota Semarang, sedangkan aquadest diperoleh dari Laboratorium Separasi PSD III Teknik Kimia Universitas Diponegoro Semarang.

Alat Penelitian

Alat utama yang digunakan adalah Agitated Thin-Film Evaporator. Rangkaian alat evaporator terdiri dari sebuah tangki berkapasitas 10 liter yang dapat menghasilkan kondisi tekanan vacuum -65 cmHg dan dilengkapi dengan Band Heater, indikator temperatur, kondensor, dan pengaduk dengan kecepatan motor pengaduk 1400 rpm. Bahan diumpukan masuk ke tangki evaporator menggunakan pompa, melalui bagian atas dan keluar dari bagian bawah.

Aliran yang terjadi adalah searah (*co-current*) antara pemanas dan bahan utama. Bagian sumbu tabung merupakan batang yang dapat diputar dan terintegrasi dengan sirip-sirip guna menghasilkan aliran *thin film*. Ketika batang berputar, cairan mengalir mengikuti gaya gravitasi dan akan terlempar ke tepi tabung akibat putaran sirip. Bagian tepi tabung merupakan area suhu tinggi akibat konduksi dari sumber panas.

Cairan dari tepi tabung akan terpental kembali dan menuju ke tengah tabung lagi. Saat bahan telah mencapai bagian ujung bawah evaporator, bahan hasil pemekatan dipindahkan dengan pompa menuju tangki umpan kembali. Alat yang akan digunakan untuk proses uji Ph dengan menggunakan Ph meter. Alat yang digunakan untuk analisa konduktivitas yaitu konduktometer. Alat yang digunakan untuk analisa kadar TSS yaitu dengan menggunakan cawan porselin, kertas saring dan oven.

Prosedur Persiapan Bahan

Proses evaporasi didahului dengan proses ekstraksi buah nanas menggunakan blender untuk memperkecil ukuran dan mengambil ekstrak buah. Buah nanas dipotong kecil-kecil ukuran kotak 2-3 cm, ditambahkan aquadest sebanyak 4,5 L untuk memudahkan proses cutting menggunakan blender. Hasil blender dipisahkan antara filtrat dan residunya. Filtrat yang telah dipisahkan selanjutnya dipersiapkan untuk tahap evaporasi.

Rancangan Desain Percobaan

Penentuan variabel berpengaruh pada optimasi evaporasi dilakukan menggunakan metode *Response Surface Methodology* (RSM) dengan central composite design (CCD) pada faktor/blok/run: 3/1/16. Tahap pertama yang dilakukan adalah menentukan variabel parameter yang meliputi suhu dengan nilai rendah sebesar 40 °C; nilai tengah sebesar 50 °C dan nilai tinggi sebesar 60 °C. Tahap kedua menentukan variabel konsentrasi meliputi nilai rendah 20 g/L; nilai tengah 40 g/L dan nilai tinggi 60 g/L. Tahap ketiga dilanjutkan dengan menentukan variabel waktu dengan nilai rendah selamat 30 menit; nilai tengah selama 60 menit dan nilai tinggi selamat 90 menit. Penelitian ini menerapkan perhitungan dengan sistem 'alpha for orthogonality' sebesar 1,2872.

Studi Optimisasi Proses

Prinsip dasar kegiatan optimasi ini meliputi tiga proses, yaitu percobaan yang dirancang secara statistik, memperkirakan nilai koefisien dalam model matematika dan memprediksi respon dengan memeriksa kesesuaian model (Paramita dkk, 2016; Box dkk, 1978). Model dengan orde II dapat diketahui nilai kelengkungan dengan menggunakan model polinomial orde kedua yang memiliki fungsi kuadrat (persamaan 1):

$$Y = \beta_0 + \sum_{i=1}^k \beta_i X_i + \sum_{i=1}^k \beta_{ii} X_i^2 + \sum_{i < j} \beta_{ij} X_i X_j + \varepsilon \quad (1)$$

Eksperimen orde kedua ini menggunakan rancangan faktorial desain 3k (3 level). Dari model orde kedua ditentukan titik stasioner, karakteristik permukaan respon dan model optimasinya. Nilai X_i , X_j merupakan parameter variabel bebas yang dapat mempengaruhi respon Y ; β_0 , β_i , β_{ii} dan β_{ij} ($i = 1-k$, $j = 1-k$) merupakan nilai parameter yang dikenal, dan ε adalah kesalahan acak. Model orde kedua dengan CCD didesain agar variasi nilai Y konstan terhadap titik-titik dengan jarak sama dari pusat desain. Penelitian dilakukan sebanyak 16 run untuk memperkirakan koefisien model menggunakan regresi linier berganda, menggunakan software Statistika Versi 10.0 tersaji pada Tabel 1.

Analisa Total Suspended Solid (TSS)

Perhitungan TSS sampel dilakukan dari residu yang tertahan pada kertas saring yang

telah dikeringkan menggunakan oven hingga berat konstan pada suhu pengeringan antara 103–105 °C. Perubahan berat kertas saring menunjukkan banyaknya padatan tersuspensi total (TSS) dalam sampel (5 ml).

Tabel 1. Nilai variabel tetap pada berbagai tingkat percobaan

Run	Suhu (°C), X ₁	Konsentrasi (g/L), X ₂	Waktu (min), X ₃
1	40	20	30
2	40	20	90
3	40	40	30
4	40	40	90
5	60	20	30
6	60	20	90
7	60	40	30
8	60	40	90
9	37,12	30	60
10	62,87	30	60
11	50	17,12	60
12	50	42,87	60
13	50	30	21,38
14	50	30	98,62
15	50	30	60
16	50	30	60

Perhitungan kadar TSS dengan rumus (SNI 06-6989.3-2004):

$$TSS = \frac{m_1 - m_2}{V} \tag{2}$$

TSS = total padatan tersuspensi (mg/L)
 m₁ = berat kertas saring + residu kering (mg)
 m₂ = berat kertas saring (mg)
 V = volume sampel (L)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Kadar TSS

Response fitted surface pada Gambar 1 menunjukkan kondisi optimasi dari input parameter hasil run. Gambar 1(a) memberikan gambaran hubungan antara nilai TSS terhadap konsentrasi dan suhu. Penerapan analisis regresi berganda terhadap data hasil run mendapatkan persamaan polinomial tingkat dua yang dapat mewakili nilai TSS berikut:

$$Y = 13886,07 + 17,94X_1 - 1,33X_1^2 - 1082,52X_2 + 16,78X_2^2 + 4,99X_1X_2 - 0,45E14*60X_1 + 0,43E13*60X_2 + 530,33 \tag{3}$$

Gambar 1(a) menunjukkan bahwa nilai TSS optimal dicapai pada lebih dari 8000 mg/L dengan parameter operasi meliputi konsentrasi

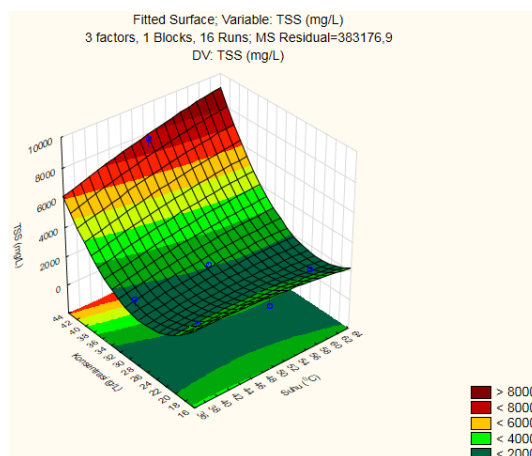
antara 42–44 g/L dan suhu 50–64 °C selama 60 menit. Sedangkan, gambar 1(b) memberikan gambaran hubungan antara nilai TSS terhadap suhu dan konsentrasi. Analisis regresi berganda terhadap data hasil run menghasilkan persamaan polinomial tingkat dua untuk mewakili nilai TSS berikut:

$$Y = 13886,07 - 1082,52X_2 + 16,78X_2^2 + 17,68X_3 - 0,15X_3^2 + 4,99*60X_2 - 0,45E14*60X_3 + 0,43E13X_2X_3 - 3696,70 \tag{4}$$

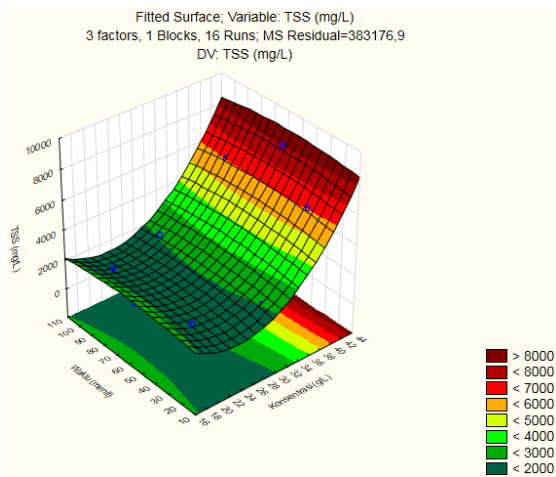
Gambar 1(b) menunjukkan bahwa nilai TSS optimal diperoleh lebih dari 8000 mg/L pada kondisi operasi evaporasi dengan lama waktu antara 50-60 menit dan konsentrasi antara 42–44 g/L, pada suhu 60 °C. Gambar 1(c) memberikan gambaran hubungan antara nilai TSS terhadap suhu dan waktu. Hasil analisis regresi berganda terhadap parameter variabel bebas berupa persamaan polinomial tingkat dua untuk mewakili nilai TSS berikut:

$$Y = 13886,07 + 17,94X_1 - 1,33X_1^2 + 17,68X_3 - 0,15X_3^2 + 4,99*44X_1 - 0,45E14X_1X_3 + 0,43E13*44X_3 - 15143,169 \tag{5}$$

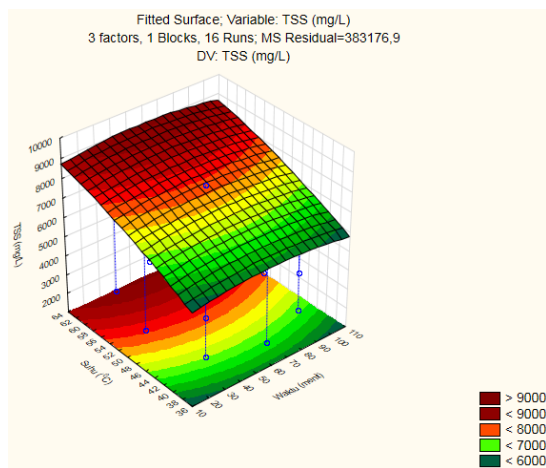
Gambar 1(c) menunjukkan bahwa nilai TSS optimal dicapai lebih dari 8000 mg/L pada kondisi operasi evaporasi pada suhu antara 50–64°C selama kisaran 50–60 menit, dengan konsentrasi 44 g/L. Hasil tersebut memberikan kesimpulan bahwa kondisi optimal pengaruh variabel parameter beass evaporasi berupa suhu, konsentrasi dan waktu terhadap nilai TSS menghasilkan nilai lebih dari 0,8% pada konsentrasi 42–44 g/L pada suhu 50–64 °C selama 50–60 menit.



Hubungan konsentrasi (g/L) dan suhu (°C) terhadap kadar TSS pada waktu 60 menit, (a)



Hubungan waktu (menit) dan konsentrasi (g/L) terhadap kadar TSS pada suhu 60 °C, (b)



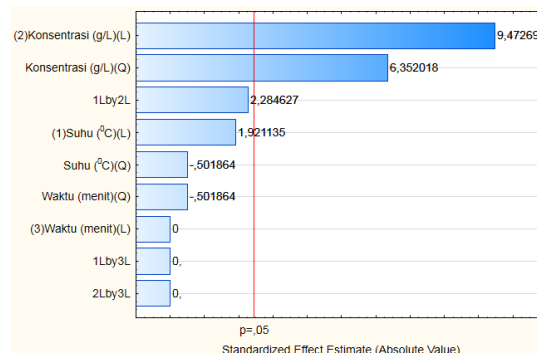
Hubungan suhu (°C) dan waktu (menit) terhadap kadar TSS pada konsentrasi 44 (g/L), (c)

Gambar 1. Response fitted surface variabel lama waktu, konsentrasi, dan suhu evaporasi terhadap respon kadar TSS

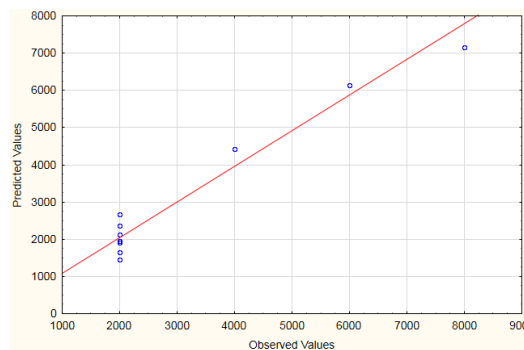
Percobaan sebanyak 16 kombinasi parameter (meliputi suhu, konsentrasi dan waktu) dilakukan untuk memperoleh kondisi optimasi proses pada perlakuan evaporasi jus buah nanas. Akurasi pemodelan ini diperoleh melalui nilai koefisien determinasi atau R^2 , yang ditunjukkan dengan seberapa jauh model terhadap 1. Semakin jauh (lebih kecil dari 1) menunjukkan bahwa model tersebut kurang sesuai dalam memprediksi respon. Penelitian ini memperoleh nilai R^2 sebesar 0,95876, yang menunjukkan bahwa 95,876 % dari variabilitas dalam respon memiliki pendekatan dengan baik terhadap model (Tabel 2).

Tabel 2. Data estimasi efek

Faktor	Efek	Standar Error
(1)Suhu (°C)(L)	707,1	368,1
Suhu (°C)(Q)	-265,2	528,4
(2)Konsentrasi (g/L)(L)	3486,6	368,1
Konsentrasi (g/L)(Q)	3356,2	528,4
(3)Waktu (min)(L)	0,0	368,1
Waktu (min)(Q)	-265,2	528,4
1L by 2L	1000,1	437,7
1L by 3L	0,0	437,7
2L by 3L	0,0	437,7
Rata-rata	2125,9	358,7
R^2	0,95876	



Gambar 2. Diagram pareto pengaruh variabel terhadap kadar TSS



Gambar 3. Perbandingan data percobaan dan perkiraan kadar TSS

Kedekatan nilai yang perkiraan dari model terhadap nilai hasil percobaan ditampilkan pada Gambar 2. Nilai plot dalam grafik menunjukkan hubungan yang baik antara nilai hasil percobaan dan prediksi. Adanya penyimpangan antara nilai percobaan dan prediksi ditunjukkan dengan plot yang menjauh dari garis linear. Koefisien regresi dapat diperjelas dengan diagram pareto (Gambar 3) untuk setiap variabel. Dari blok diagram, tampak bahwa variabel bebas yang paling berpengaruh dalam proses evaporasi buah nanas adalah konsentrasi.

Tabel 3. Analisa varian model persamaan polinomial evaporasi jus buah nanas

Faktor	SS	df	MS	F
(1)X ₁ (L)	1414214	1	1414214	3,69
X ₁ (Q)	96510	1	96510	0,25
(2)X ₂ (L)	34383235	1	34383235	89,73
X ₂ (Q)	15460471	1	15460471	40,35
(3)X ₃ (L)	0	1	0	0,00
X ₃ (Q)	96510	1	96510	0,25
1L by 2L	2000000	1	2000000	5,22
1L by 3L	0	1	0	0,00
2L by 3L	0	1	0	0,00
Error	2299061	6	383177	
Total	55750000	15		139,49

Hasil dari model respon permukaan level 2 ditampilkan dalam bentuk Analysis of Variance (ANOVA) dan disajikan Tabel 3. ANOVA dipergunakan untuk menguji signifikansi dan kecukupan model. Nilai F merupakan ukuran statistik yang valid antara seberapa baik faktor memberikan gambaran variasi dalam data terhadap rata-rata. Nilai F semakin tinggi maka menunjukkan adanya keseragaman yang baik. Nilai ini merupakan faktor yang dapat menggambarkan variasi dalam data terhadap rata-rata, dengan efek faktor perkiraan yang nyata. Pendekatan model regresi menggunakan ANOVA ini menunjukkan korelasi signifikan, yang dibuktikan dengan nilai hasil tes Fisher (Fmodel) sebesar =139,49.

Faktor	Nilai Minimal Perlakuan	Nilai Kritis	Nilai Maksimal Perlakuan
Suhu (°C)	37,12	52,76	62,87
Konsentrasi (g/L)	17,12	24,39	42,87
Waktu (menit)	21,38	60,00	98,62
Nilai perkiraan TSS (mg/L)	1686,12 (dengan penyelesaian: <i>saddlepoint</i>)		

Gambar 4. Nilai prediksi kadar TSS optimum pada nilai kritis dari suhu, konsentrasi, dan waktu

Parameter optimasi kadar TSS *saddlepoint* terhadap suhu, konsentrasi, dan waktu ditentukan berdasarkan nilai kritis yang diperoleh. Nilai kritis dicapai saat suhu 52,76 °C dengan konsentrasi 24,39 g/L selama 60,00 menit. Pengaruh suhu, konsentrasi, dan waktu terhadap kadar TSS semakin lama semakin meningkat hal ini dikarenakan adanya

peningkatan jumlah total padatan yang tertahan setelah proses evaporasi. Telah sesuai dengan penelitian Pratama (2012) yang menyatakan bahwa penambahan buah yang digunakan akan mempengaruhi total padatan. Semakin banyak buah yang digunakan, maka akan semakin tinggi jumlah total padatan yang dihasilkan.

pH dan Konduktivitas

Tabel 5 menunjukkan bahwa hubungan pH dengan konsentrasi, suhu dan lama waktu adalah berbanding terbalik, dimana semakin besar konsentrasi maka pH yang dihasilkan semakin kecil. Dimana semakin tinggi konsentrasi maka nilai Ph yang dihasilkan semakin menurun (asam). Nilai pH cenderung meningkat dengan besarnya proporsi air yang ditambahkan. Peningkatan pH sejalan dengan peningkatan jumlah air yang ditambahkan karena dengan penambahan air, ion [H⁺] yang berasal dari asam-asam organik juga mengalami pengenceran, sehingga ion [H⁺] yang membentuk asam akan berkurang dan pH bahan akan semakin meningkat. Bahwa suatu zat asam yang ditambahkan kedalam air mengakibatkan bertambahnya ion hidrogen [H⁺] dalam air dan berkurangnya ion hidroksida [OH⁻], sehingga semakin bertambahnya ion hidrogen [H⁺] maka pH suatu zat akan semakin menurun, demikian sebaliknya (Agustin, 2014).

Tabel 5 juga menunjukkan bahwa hubungan konduktivitas dengan konsentrasi, suhu dan lama waktu adalah berbanding lurus, dimana semakin tinggi konsentrasi maka nilai konduktivitas yang dihasilkan semakin besar dan konduktivitas berbanding terbalik dengan pH. hal ini dikarenakan apabila terjadi kenaikan nilai asam maka meningkatkan kekuatan elektrolit dalam buah dan semakin meningkatnya tingkat keasamaan maka akan di dapatkan nilai pH yang kecil. Berdasarkan penelitian Purnomo (2010) bahwa larutan buah yang memiliki tingkat keasaman besar atau nilai pH nya lebih kecil dapat menghantarkan arus listrik yang besar. Sebaliknya larutan buah yang memiliki tingkat keasaman kecil atau nilai pH nya lebih besar menghantarkan arus listrik yang lebih kecil.

Tabel 5. Nilai variabel berubah (TSS, pH dan konduktivitas) pada berbagai tingkat percobaan

Run	TSS (mg/L)	pH (-)	Konduktivitas (Mv)
1	2000	5,66	58
2	2000	5,65	61
3	4000	5,61	65
4	4000	5,60	65
5	2000	5,64	62
6	2000	5,62	62
7	6000	5,59	65
8	6000	5,59	65
9	2000	5,63	61
10	2000	5,59	64
11	2000	5,75	57
12	8000	5,58	65
13	2000	5,60	63
14	2000	5,59	65
15	2000	5,59	64
16	2000	5,59	64

4. KESIMPULAN

Nilai koefisien determinasi menunjukkan bahwa 95,876 % dari variabilitas dalam respon dapat dijelaskan oleh model. Model regresi memberikan gambaran signifikansi korelasi, dibuktikan dengan nilai dari tes Fisher (F_{model}) sebesar 139,49. Nilai kondisi optimum pengaruh variabel evaporasi terhadap kadar TSS, diperoleh nilai kadar TSS lebih dari 8000 mg/L dengan konsentrasi 42–44 g/L pada suhu 50–64 °C selama 50–60 menit. Dan untuk nilai dari pH dan konduktivitas berbanding terbalik, dimana semakin tinggi pH maka konduktivitas yang dihasilkan semakin kecil. Hal ini menunjukkan keasaman tinggi maka larutan menghantarkan arus listrik yang kecil.

DAFTAR PUSTAKA

Agustin, F., (2014), Pembuatan Jelly Drink *Averrhoa blimbi L.* (Kajian Proporsi Belimbing Wuluh: Air dan Konsentrasi Keragenan), Jurnal Pangan dan Agroindustri, 2(3), pp. 1-9.

Box, G.E.P., Hunter, W.G., and Hunter, J.S., (1978), Statistics for experimenters: an introduction to design, data analysis, and model building. John Wiley & Sons. New York.

Hajar, N., Zainal, S., Nadzirah, K.Z., Roha, A.M.S., Atikah, O., dan Elida, T.Z.M.T., (2012), Physicochemical Properties Analysis of Three Indexes Pineapple (Ananas Comosus) Peel Extract Variety N36, APCBEE Procedia, 4, pp. 115-121.

Irfandi, (2005), Karakteristik Morfologi Lima Populasi Nanas (Ananas Comosus). Skripsi, Institut Pertanian Bogor, IPB Press, Bogor.

Kormendy, (2006), Fruit processing: Principles of heat treatment, pp. 45. In Hui (Ed). Handbook of Fruit and Fruit Processing. Blackwell Publishing.

Lawal, (2013), Medicinal, Pharmacological and Phytochemical Potentials Of *Annona Comosus Linn.* Peel – A Review. Bayero Journal Of Pure and Applied Sciences, 6 (1), pp. 101-104.

Paramita, V., Wahyuningsih, W., Yulianto, M.E., Ratnasari, O.D., (2016), Pengaruh Pemanasan Berbasis Gelombang Mikro dalam Proses Ekstraksi Enzimatis Vanilin pada Polong Vanila. Prosiding SNST Fakultas Teknik, 1(1), pp. 11-16.

Pratama, S.B., Wijana, S., dan Mulyadi, A.F., (2012), Studi Pembuatan Sirup Tamarillo (Kajian Perbandingan Buah Dan Konsentrasi Gula), Jurnal Industri 1(3), pp. 181-194.

Praptiningsih, Y., (1999), Buku Ajar Teknologi Pengolahan. FTP UNEJ: Jember

Prihatman, K. (2000), Nanas (*Ananas Comosus*) Deputi Menegristik Bidang Pendayagunaan Dan Pemasyarakatan Ilmu Pengetahuan Dan Teknologi.

Purnomo, H., (2010), Pengaruh Keasaman Buah Jeruk terhadap Konduktivitas Listrik. ORBITH 6(2), pp. 276-281

Riana, E., (2012) Keanekaragaman Genetik Nenas (*Ananas Comosus (L)Merr*) Di Kabupaten Kampar Provinsi Riau Berdasarkan Karakteristik Morfologi Dan Pola Pita Isozim Peroksinase, Skripsi, Fakultas Matematika dan Jurusan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Riau.

Sari, N.R., (2002), Analisis Keragaman Morfologi Dan Kualitas Buah Nenas (*Ananas Comosus (L)Merr*) Queen di Empat Desa Kabupaten Bogor, Skripsi, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor.

SNI 06-6989.3-2004, (2004), Air dan air limbah- Bagian 3: Cara uji padatan tersuspensi total (Total Suspended Solid, TSS) secara gravimetri. Badan Standardisasi Nasional, ICS 13.060.50.

Supriatna, A., (2008), Uji Performansi dan Analisa Teknik Alat Evaporator Vakum. Institut Pertanian Bogor, Bogor.