

**APLIKASI TEKNOLOGI NANO
PADA KONDISI PROSES PEMBUATAN SARI BUAH STROBERI
TERHADAP KARAKTERISTIK PANGAN FUNGSIONAL**

**Applications of Nano Technology in the Process Conditions of Strawberry Juices
on Characteristics of Functional Food**

Riska Pareta¹, Tien Muchtadi², dan Willy Pranata³

^{1,2,3}Jurusan Teknologi Pangan Fakultas Teknik Universitas Pasundan
Jl. Sumatera no. 41 Gedung Pasca Sarjana, Bandung, Jawa Barat

ABSTRAK

Sari buah merupakan produk olahan buah-buahan yang digemari oleh masyarakat. Salah satu potensi buah-buahan lokal yang cukup populer adalah sari buah stroberi. Sari buah stroberi diminati karena cita rasanya yang khas dan komponen aktif dari buah tersebut yang mengandung antioksidan. Buah stroberi kaya akan pigmen warna antosianin yang mengandung antioksidan tinggi. Pengolahan sari stroberi secara nano teknologi di harapkan dapat diperoleh komponen aktif nano antosianin yang memiliki karakteristik lebih baik sebagai salah satu bentuk pangan fungsional. Metode sonikasi (ultrasonik) termasuk jenis metode top down dalam pembuatan material nano.

Rancangan penelitian ini menggunakan program Design Expert V.12.0 Metode Respon Permukaan (*Response Surface Methodology*) Model Box-Behnken (*Box-Behnken Design*) untuk menyelidiki dan memilih kondisi proses dari kombinasi Amplitudo Ultrasonik, waktu homogenisasi dan jumlah proses *feeding* terhadap karakteristik fisiko-kimia sari buah stroberi yang dihasilkan. Respon hasil analisis yang diperoleh dianalisis ANOVA dengan model respon yang bervariasi antara *linear* dan *quadratic*. Kondisi proses pada salah satu *runs* menghasilkan komponen nano partikel terkecil sebesar 217,6 nm ($2,17 \times 10^{-7}$ m), dimana pengaturan amplitudo sebesar 85%, waktu proses homogenisasi selama 15 menit dan jumlah proses *feeding* sebanyak 5 kali, indeks polidispersitas 0,111 dan kadar antosianin 179,03 mg/100g.

Kata kunci: sari buah, stroberi, *Design Expert*, ultrasonik, nano teknologi.

ABSTRACT

Fruit juice is a processed fruit product that is favored by the community. One of the potential local fruits which is quite popular is strawberry juice. Strawberry juice is in demand because of its distinctive taste and components of the fruit that contain antioxidants. Strawberries are rich in anthocyanin pigments which contain high antioxidants. Strawberry juice processing using nanotechnology is expected to obtain nano anthocyanin as active components which have better characteristics as a form of functional food. The sonication method (ultrasonic) is a top-down method in the manufacture of nanomaterials.

The design of this study uses the Design Expert V.12.0 program for the Box-Behnken Model Response Surface Methodology (Box-Behnken Design) to select process conditions from the combination of Ultrasonic Amplitude, homogenization time and number of feeding processes on the strawberry juices made. The results of the response analysis obtained were analyzed by ANOVA with a response model that varied between linear and quadratic. The process conditions on one of the runs produced the smallest nanocomponent of 217.6 nm (2.17×10^{-7} m), where the amplitude setting was 85%, the homogenization time process was 15 minutes and the number of feeding processes was 5 times, the polydispersity index was 0.111 and anthocyanin content 179.03 mg/100g.

Keywords: fruit juice, strawberry, *Design Expert*, ultrasonic, nano technology.

PENDAHULUAN

Pangan fungsional menjadi tren global seiring dengan meningkatnya kesadaran untuk mendapat manfaat kesehatan dan mencegah risiko penyakit melalui makanan. Indonesia berpeluang besar memproduksi pangan fungsional. Tingginya kesadaran masyarakat akan pentingnya kesehatan menyebabkan terjadinya perubahan pola makan dimana masyarakat cenderung lebih memilih makanan alami dan sehat yang berfungsi untuk mencegah atau mengobati penyakit. Hal tersebut telah menempatkan produk pangan fungsional sebagai trend produk pangan masa kini dan mendorong berbagai pihak industry baik industri farmasi maupun industri pangan mengarah pada konsep “*Healthy, Functional and Satisfied Foods*” dalam menghasilkan produk-produknya (Hariyadi, 2006).

Saat ini pada masyarakat global muncul kecenderungan untuk mengurangi seminimum mungkin konsumsi bahan-bahan kimia. Baik produk-produk makanan maupun produk-produk kesehatan dengan mencoba kembali beralih ke potensi bahan-bahan alami (*back to nature*). Tren minuman kesegaran (*Wellnes tonic*) yang memberikan manfaat kesehatan cukup populer dan diminati masyarakat.

Stroberi (*fragaria x anannassa*), merupakan buah yang populer di beberapa negara, termasuk di Indonesia. Konsumen biasanya tertarik terutama karena warna merah cerah dan aroma khas dari buah stroberi. Buah stroberi termasuk buah yang sangat penting secara ekonomi dan komersial, dan umumnya dikonsumsi segar atau dalam bentuk olahan seperti buah beku, bubuk minuman, selai, jus, nektar, sirup dan jeli. Umumnya buah stroberi yang berkualitas baik dialokasikan untuk penjualan langsung sebagai buah segar, sedangkan kualitas dibawahnya diproduksi menjadi produk olahan. Stroberi mengandung komponen penting bagi tubuh termasuk vitamin, mineral, folat, dan serat, dan senyawa fitokimia penting yang diwakili oleh senyawa polifenol (Darniadi, 2020).

Nanoteknologi menjadi salah satu bidang ilmu Fisika, Kimia, Biologi, dan Rekayasa yang penting dan menarik beberapa tahun terakhir ini. Nanoteknologi merupakan ilmu yang mempelajari partikel dalam rentang ukuran 1-1000 nm (Jain 2008). Dibandingkan dengan di negara-negara maju, sampai saat ini penelitian dan

pengembangan teknologi nano di Indonesia masih belum banyak dilakukan, khususnya dalam bidang pertanian dan pengolahan pangan, padahal penerapan teknologi nano akan mendukung upaya pencapaian swasembada pangan dan pengembangan produk lokal yang berdaya saing tinggi (Hoerudin dan Irawan 2016). Potensi pengembangan teknologi nano di Indonesia didukung oleh ketersediaan material nano yang sangat besar potensinya untuk industri besar berbasis teknologi nano yang memiliki daya saing tinggi dengan memanfaatkan kekayaan alam yang dimiliki, termasuk potensi kekayaan alam pertanian dan pangan yang melimpah.

Manipulasi struktur nano partikel secara *top-down* dapat dilakukan secara mekanis diantaranya dengan bantuan High Pressure, Microfluidizer, dan Sonikasi (Ultrasonik). Teknologi ultrasonik adalah teknologi yang memanfaatkan gelombang ultrasonik dalam penerapannya. Ada beberapa faktor yang dapat mempengaruhi teknologi ultrasonik, diantaranya intensitas daya, frekuensi, amplitudo, dan suhu. Teknologi ultrasonik telah banyak dimanfaatkan dalam proses industri seperti pengawetan makanan, ekstraksi, kristalisasi, dan menjaga kualitas makanan. Gelombang ultrasonik digunakan untuk memantau komposisi dan sifat fisikokimia komponen dan produk makanan selama pemrosesan dan penyimpanan, yang sangat penting untuk mengontrol sifat makanan dan meningkatkan kualitasnya sehingga dapat menghasilkan produk “better for u ingredients” terutama pada sifat fungsional (*active compound*) dari sari buah stroberi tersebut.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengevaluasi dan menganalisa bahwa proses pembuatan sari buah dengan menggunakan teknologi Nano dapat mempengaruhi karakteristik fisiko-kimia pada produk sari buah Stroberi.

BAHAN DAN METODE

Bahan dan Alat

Bahan utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah Stroberi segar lokal varietas *California* yang diperoleh dari petani Stroberi di Ciwidey, Kabupaten Bandung dalam kondisi langsung petik H-1 dengan tingkat keseragaman kematangan, bentuk, ukuran dan warna.

Bahan yang digunakan untuk analisis / pengujian kadar antosianin metode *pH*

Differensial adalah buffer Kalium Klorida pH 1.0, buffer Natrium Asetat pH 4.5 diukur absorbansinya menggunakan spektrofotometer UV-VIS pada panjang gelombang 510 nm dan 700 nm. Bahan yang digunakan untuk pengujian vitamin C adalah air destilat, larutan pati (amilum 1%), larutan Iodium standar 0,01N. Alat yang digunakan dalam penelitian ini diantaranya Blender, Pisau, Kain Saring, Corong, Pengaduk, thermometer, Ultrasonic Homogenizer merk QSonica Sonicator type Q700, Blender, gelas kimia 100 ml dan 250 ml, labu ukur, labu erlenmeyer 250 ml, neraca analitik dan wadah penyimpanan. Alat yang digunakan untuk analisis adalah neraca analitik, spektrofotometer UV-VIS, tabung reaksi, kertas saring, pipet volumetri, pipet mikron, filler, labu takar, gelas ukur, erlenmeyer, buret, klem dan statif.

Metode

Penelitian yang akan dilakukan ini melalui 2 tahap yaitu penelitian tahap pertama dan tahap kedua.

Penelitian tahap pertama adalah pembuatan 2 jenis sari buah Stroberi sesuai dengan formulasi yang ditentukan dengan perbandingan buah Stroberi : air (1 : 1) (b/v) (Fachruddin, 2002). Sari buah stroberi yang dibuat pertama dilakukan tanpa proses pasteurisasi, sedangkan sari buah stroberi yang kedua dilakukan proses pasteurisasi (sari buah komersial) pada suhu 75°C selama 15 menit. Analisis yang akan dilakukan pada kedua sari buah yaitu pengukuran partikel, indeks polidispersitas dan kadar antosianin.

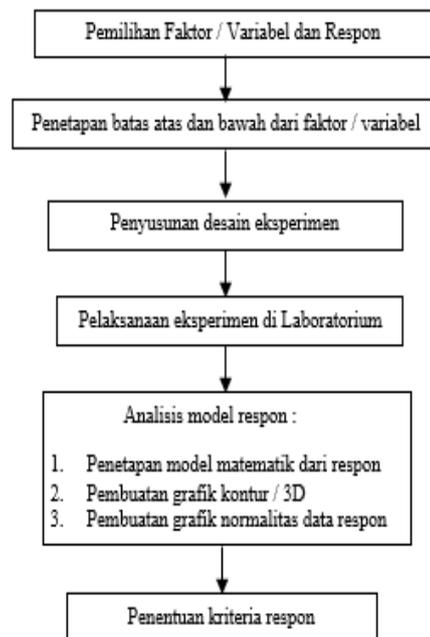
Penelitian tahap kedua merupakan kelanjutan dari penelitian tahap pertama yaitu pada sari buah Stroberi tersebut dilakukan proses homogenisasi menggunakan *Ultrasound Homogenizer*. Rancangan penelitian pada tahap kedua ini menggunakan program Design Expert V.12.0 Metode Respon Permukaan (*Response Surface Methodology*) Model Box-Behnken (*Box-Behnken Design*).

Desain eksperimen merupakan metode yang biasa digunakan untuk meningkatkan dan memperbaiki performa suatu proses, biasanya dalam sistem kualitas. Salah satu desain eksperimen yang biasa digunakan adalah desain eksperimen dengan metode permukaan respon (*Response Surface Methodology*). *Box-Behnken Design* (BBD) digunakan secara khusus pada 3 (tiga) variabel independen. Pada rancangan BBD,

percobaannya lebih efisien karena sedikit *run* / unit percobaan dibandingkan dengan *Central Composite Design* (CCD). Walaupun jumlah *run* yang lebih sedikit tetapi BBD mampu memprediksi nilai optimum baik linier maupun kuadrat dengan baik.

Kondisi proses pada pembuatan nano sari buah stroberi menjadi pertimbangan dalam penentuan kualitas produk yang dihasilkan. Oleh karena itu, pada penelitian ini digunakan Program Design Expert V.12.0 Metode Respon Permukaan (*Response Surface Methodology*) Model Box-Behnken (*Box-Behnken Design*) untuk menyelidiki dan memilih kondisi proses dari kombinasi Amplitudo Ultrasonik, waktu homogenisasi dan jumlah proses *feeding* terhadap karakteristik fisiko-kimia sari buah stroberi yang dihasilkan.

TAHAPAN PENELITIAN DENGAN TOOLS DESIGN EXPERT V.12.0



Gambar 1. Diagram alir penelitian berbantu Design Expert v.12.0

Rancangan perlakuan pada penelitian ini terdiri dari 3 faktor yaitu amplitudo (3 taraf), waktu (3 taraf) dan jumlah proses *feeding* (3 taraf) dengan pengaturan Gelombang Ultrasonik frekuensi 20 kHz. Amplitudo adalah jarak yang dilalui ujung probe yang outputnya dapat diatur dari 1-100%.

Program Design Expert dengan Response Surface Methodology (RSM) Box-Behnken Design digunakan untuk meneliti dan memilih kondisi proses dari kombinasi 3 faktor yang menghasilkan respon yang optimal. Berdasarkan

RSM Box-Behnken Design dapat diketahui pengaruh input variable amplitudo, waktu dan jumlah proses *feeding* terhadap beberapa respon fisiko-kimia sari buah stroberi yang diproses secara nano teknologi. Kelebihan dari program ini dapat digunakan untuk analisis dan pemodelan dari suatu permasalahan dengan 1 atau lebih perlakuan dalam penelitian (Montgomery, 2001).

RSM tidak hanya mendefinisikan pengaruh variable independen, tetapi juga menghasilkan model matematis, yang menjelaskan proses kimia

atau biokimia (Radojkovic et al, 2012). Disamping itu, keunggulan metode RSM ini diantaranya tidak memerlukan data-data percobaan dalam jumlah yang besar dan tidak membutuhkan waktu lama (Iriawan dan Astuti, 2006).

Berikut adalah nilai-nilai maksimum dan minimum dari variable independen yang akan diinput pada dengan Design Expert V.12 Metode Respon Permukaan (*Response Surface Methodology*) Model Box-Behnken (*Box-Behnken Design*):

Tabel 1. Batasan Nilai pada Variabel

KOMPONEN	VARIABEL INDEPENDEN	MINIMUM	MAKSIMUM
A	Amplitudo (%)	70	100
B	Waktu proses (menit)	5	15
C	Jumlah proses feeding (kali)	1	5

Setelah nilai-nilai maksimum dan minimum dari variable independen di jalankan pada program Design Expert V. 12.0 Metode Respon Permukaan (*Response Surface Methodology*) Model Box-Behnken (*Box-Behnken Design*) akan diperoleh rancangan percobaan sebanyak 17 runs.

Design Expert V. 12.0 akan mengolah semua variabel respon berdasarkan kriteria-kriteria yang ditetapkan serta memberi solusi beberapa kombinasi run optimal yang terpilih. Secara umum response surface dapat divisualisasikan dalam bentuk grafis maupun plot kontur. Grafik ini sangat membantu untuk melihat bentuk permukaan respon, yaitu berupa titik maksimum respon, titik minimum respon maupun titik pelana respon. Untuk variable bebas sebanyak dua akan

divisualisasikan dalam bentuk dua dimensi sedangkan jika variabel bebas berjumlah tiga akan divisualisasikan dalam bentuk tiga dimensi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian tahap 1 dilakukan analisis pada sari buah Stroberi sesuai dengan formulasi yang ditentukan dengan perbandingan buah Stroberi : air (1 : 1) (b/v) (Fachruddin, 2002). Analisis yang dilakukan meliputi pengukuran partikel, indeks polidispersitas, uji pH, total padatan terlarut, nilai warna (L^* , a^* , b^*), Vit C, dan kadar antosianin pada sari buah murni tanpa perlakuan (kontrol) dan sari buah pasteurisasi.

Tabel 2. Hasil Penelitian Tahap 1

No.	Respon	Sari Buah Stroberi (Kontrol)	Sari Buah Stroberi (Pasteurisasi)
1.	Ukuran Partikel (nm)	2.316	2.342
2.	Indeks Polidispersitas	0,742	0,781
3.	Kadar Antosianin (mg/100 g)	106,36	105,93

Hasil uji ukuran partikel menggunakan *Particle Size Analyzer* (PSA) terhadap sari buah stroberi tanpa perlakuan (kontrol) sebesar 2.316 nm ($2,32 \times 10^{-6}$ m). Sedangkan pada sari buah stroberi pasteurisasi sebesar 2.342 nm ($2,34 \times 10^{-6}$ m). Terjadi sedikit peningkatan ukuran partikel karena adanya pemanasan, sehingga terjadi penggumpalan yang menyebabkan sedikitnya peningkatan ukuran partikel.

Hasil uji indeks polidispersitas menggunakan *Particle Size Analyzer* (PSA) terhadap sari buah stroberi tanpa perlakuan (kontrol) sebesar 0,742. Sedangkan pada sari buah stroberi pasteurisasi sebesar 0,781. Terjadi sedikit peningkatan distribusi ukuran partikel karena adanya pemanasan, sehingga terjadi penggumpalan yang menyebabkan sedikitnya perubahan distribusi ukuran partikel yang lebih besar.

Nilai indeks polidispersitas pada tabel 2 melebihi 0,5 sehingga menunjukkan bahwa sari buah stroberi tanpa perlakuan dan sari buah stroberi pasteurisasi, keduanya memiliki distribusi ukuran partikel yang kurang homogen sehingga memiliki kecenderungan ketidakstabilan secara fisik yang selanjutnya akan menyebabkan partikel saling beragregasi.

Penelitian tahap 2

Penelitian tahap 2 dilakukan untuk memperoleh kombinasi variabel perlakuan yang akan dilaksanakan secara ekperimental di laboratorium dengan menggunakan program Design Expert versi 12.0 Metode Respon Permukaan (*Response Surface Methodology*) Model Box-Behnken (*Box-Behnken Design*). Metode ini digunakan dalam penelitian untuk melihat pengaruh kombinasi komponen variabel dan memperoleh respon tertentu.

Prinsip kerja PSA yaitu ketika cahaya (laser) dihamburkan oleh kumpulan partikel. Sudut cahaya hamburan berbanding terbalik dengan ukuran partikel. Semakin besar sudut hamburan maka semakin kecil ukuran partikel. Metode analisis ukuran partikel kurang dari 0,5 μm adalah menggunakan metode *Dynamic Light Scattering* (Nengsih et al, 2013).

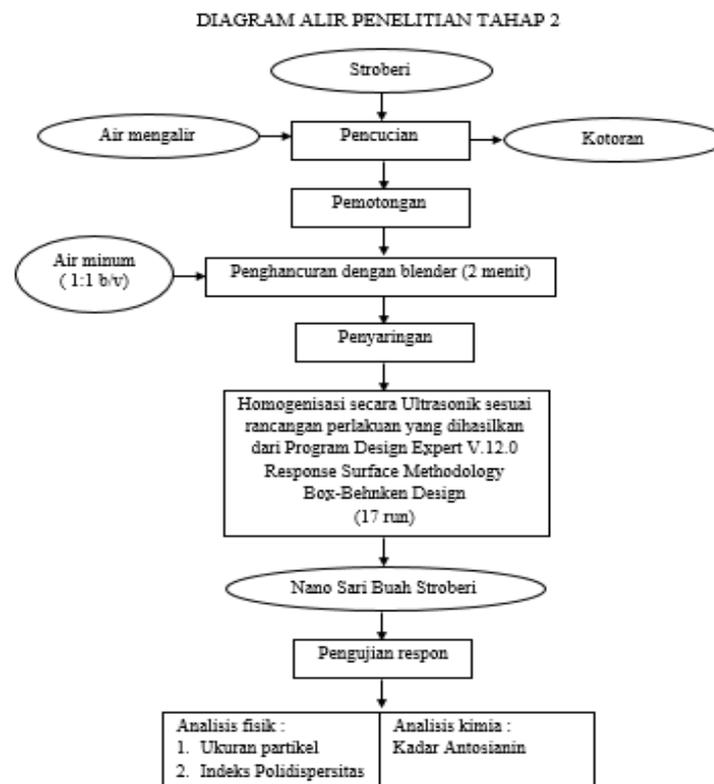
Berdasarkan hasil analisis antosianin dengan menggunakan spektrofotometer, diperoleh bahwa kadar antosianin pada sari buah stroberi (kontrol) sebesar 106,36 mg/100 gram sedangkan kadar antosianin pada sari buah stroberi pasteurisasi lebih kecil yaitu 105,93 mg/100 gram. Dengan demikian kadar antosianin dipengaruhi oleh suhu pasteurisasi. Semakin tinggi suhu pasteurisasi, maka semakin rendah kadar antosianin yang didapatkan karena terjadi degradasi antosianin karena adanya pemanasan. Antosianin umumnya tidak stabil pada temperature tinggi, sehingga selama proses pengolahan atau penyimpanan dapat menyebabkan perubahan warna atau penurunan aktivitas antioksidan (Inggrid et al, 2015).

Kegunaan Response Surface Methodology, diantaranya :

1. Untuk menentukan tingkat-tingkat faktor yang akan secara simultan memenuhi set spesifikasi yang diinginkan,
2. Menentukan kombinasi optimum faktor-faktor yang menghasilkan respon yang diinginkan dan menjelaskan respon yang mendekati optimum, dan
3. Untuk menentukan bagaimana respon khusus dipengaruhi oleh perubahan tingkat faktor atas tingkat kepentingan tertentu

Tabel 3. Kombinasi runs Kondisi Proses Pembuatan Sari Buah Stroberi secara Nano Teknologi menggunakan Ultrasonik berdasarkan Rancangan Design Expert V.12.0 Metode Respon Permukaan Model Box-Behnken

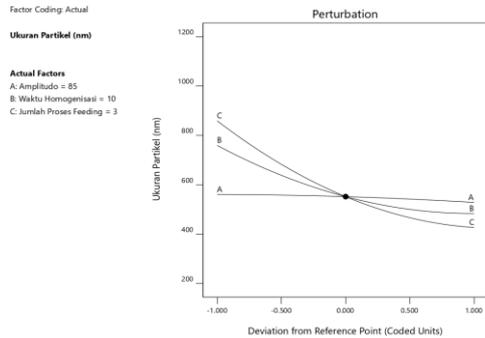
RUN	Faktor 1 Amplitudo (%)	Faktor 2 Waktu Homogenisasi (Menit)	Faktor 3 Jumlah Proses Feeding (kali)	Respon 1 Ukuran Partikel (nm)	Respon 2 Indeks Polidispersitas	Respon 3 Kadar Antosianin (mg/100g)
1	85	10	3	551,8	0,324	53,95
2	85	10	3	551,8	0,324	53,95
3	70	15	3	487,6	0,215	171,92
4	85	5	1	1089	0,442	137,65
5	70	10	5	536,7	0,242	89,11
6	100	10	5	464,4	0,317	92,46
7	85	10	3	551,8	0,324	53,95
8	85	15	5	217,6	0,111	179,03
9	70	5	3	785,4	0,368	137,8
10	100	15	3	466,4	0,266	144,44
11	85	10	3	551,8	0,324	53,95
12	85	5	5	613,2	0,334	156,16
13	85	15	1	930,1	0,465	130,31
14	100	5	3	717,2	0,291	71,90
15	85	10	3	551,8	0,324	53,95
16	70	10	1	754,3	0,316	41,13
17	100	10	1	787,1	0,411	83,85



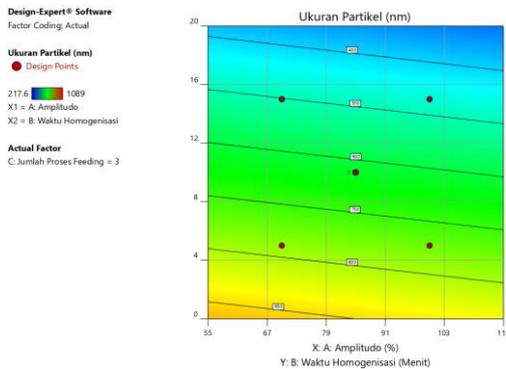
Gambar 2. Diagram Alir Pembuatan Nano Sari Buah Stroberi

Ukuran Partikel

Perturbation Plot digunakan untuk membandingkan efek dari satu faktor / variabel dengan faktor / variabel lainnya. Pada grafik menunjukkan bahwa faktor/ variabel C (Jumlah proses *feeding*) menjadi faktor yang paling mempengaruhi ukuran partikel nano sari buah stroberi dibandingkan faktor/ variabel A (Amplitudo) dan B (Waktu homogenisasi).

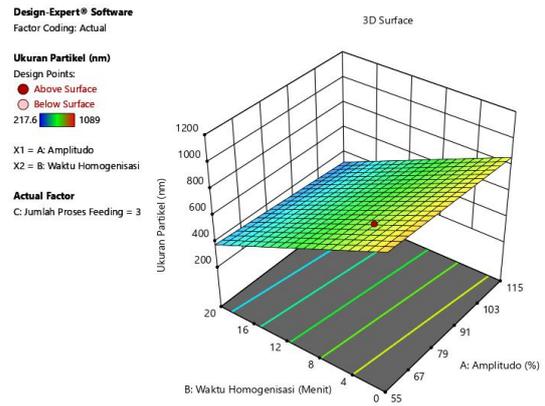


Gambar 3. Grafik *Perturbation Plot* Respon Ukuran Partikel



Gambar 4. Grafik *Contour Plot* Respon Ukuran Partikel

Titik-titik yang tersebar menunjukkan posisi masing-masing kombinasi factor pada 17 *runs* tersebut berdasarkan respon ukuran partikel dengan model ordo *linier*. Kombinasi faktor dengan ukuran partikel paling tinggi ditempatkan pada daerah grafik berwarna merah kemudian diikuti dengan warna jingga, kuning, hijau, biru muda hingga biru tua yang menunjukkan semakin kecil ukuran partikelnya.



Gambar 5. Grafik 3D *Surface Respon* Ukuran Partikel

Berdasarkan pada grafik tersebut, warna biru mengarah pada kombinasi faktor BC yang menunjukkan semakin tinggi jumlah komponen tersebut dapat menghasilkan ukuran partikel nano yang diinginkan. Kemudian pada persamaan model matematika (Tabel 6) menunjukkan bahwa variabel A (Amplitudo), B (Waktu homogenisasi) dan C (Jumlah proses *feeding*) memberikan pengaruh pada respon kadar ukuran partikel sari buah stroberi yang dihasilkan sehingga diperoleh nilai minimal ukuran partikel.

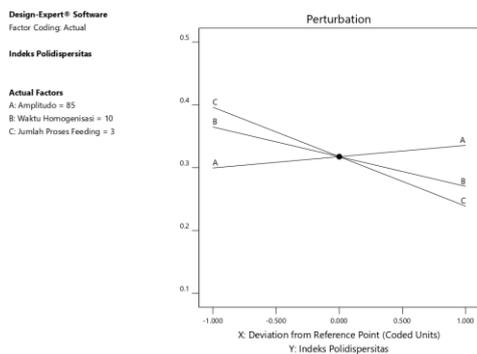
Ukuran partikel terkecil sebesar 217,6 nm ($2,17 \times 10^{-7}$ m) diperoleh dari sari buah stroberi dengan kondisi proses pada *run* ke-8, dimana pengaturan amplitudo sebesar 85%, waktu proses homogenisasi selama 15 menit dan jumlah proses *feeding* sebanyak 5 kali. Berdasarkan hasil respon pengujian ukuran partikel nano tersebut, maka lama proses homogenisasi dan jumlah proses *feeding* maksimal mampu menghasilkan partikel nano dengan ukuran paling kecil diantara 16 kombinasi unit percobaan lainnya.

Untuk mencapai ukuran yang kecil, disamping berbagai parameter bahan (komposisi, viskositas dan jenis bahan), maka hal yang perlu diperhatikan adalah metode/proses pembuatannya. Pada metode emulsi evaporasi konvensional, proses pembentukan emulsi/pencampuran dilakukan menggunakan pengaduk (mixer) dengan kecepatan tinggi (15.000 rpm). Namun demikian, partikel yang dihasilkan masih berukuran lebih dari 1 mm (Lim, 2000).

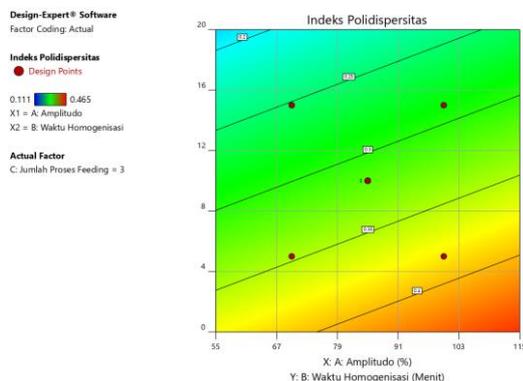
Pada pembuatan partikel dengan proses emulsi evaporasi menggunakan metode ultrasonik, ukuran partikel akan bergantung pada ukuran gelembung (kavitasi akustik) (Poh, et al). Besar kecilnya gelembung kavitasi yang terbentuk dipengaruhi oleh lamanya waktu sonikasi, keadaan material yang akan dikenai gelombang tersebut, dan besarnya amplitudo yang digunakan. Namun, secara umum, dengan tingginya frekuensi gelombang sonikasi yang digunakan dapat diperoleh ukuran partikel yang terbentuk akan lebih kecil dibandingkan metoda konvensional (Ariyandi dkk, 2007).

Indeks Polidispersitas

Pada grafik menunjukkan bahwa faktor/ variabel C (Jumlah proses *feeding*) menjadi faktor yang paling mempengaruhi indeks polidispersitas sari buah stroberi yang diproses secara nano teknologi dibandingkan faktor/ variabel B (Waktu homogenisasi) dan A (Amplitudo).



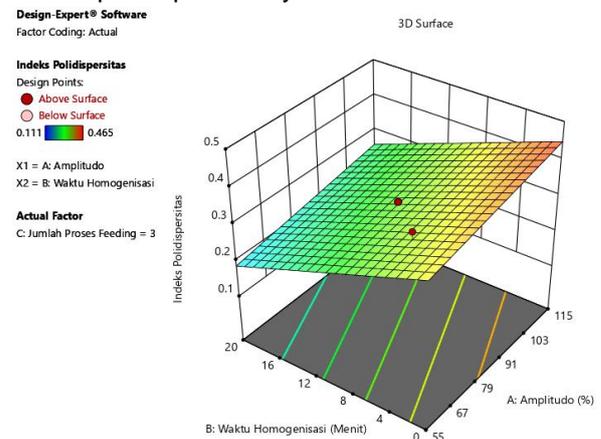
Gambar 6. Grafik *Perturbation Plot* Respon indeks polidispersitas



Gambar 7. Grafik *Contour Plot* Respon indeks polidispersitas

Titik-titik yang tersebar menunjukkan posisi masing-masing kombinasi factor pada 17

runs tersebut berdasarkan respon indeks polidispersitas dengan model ordo *linier*. Kombinasi faktor dengan indeks polidispersitas paling tinggi ditempatkan pada daerah grafik berwarna merah kemudian diikuti dengan warna jingga, kuning, hijau, biru muda hingga biru tua yang menunjukkan semakin kecil indeks polidispersitasnya.



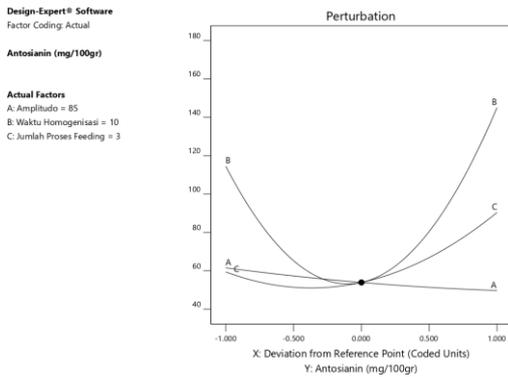
Gambar 8. Grafik *3D Surface Respon* indeks polidispersitas

Nilai indeks polidispersitas pada tabel 7 memiliki nilai rata-rata keseluruhan dari 17 unit percobaan berada pada kisaran nilai dibawah 0,5 yaitu 0,3175, sehingga menunjukkan bahwa sari buah stroberi yang diproses secara nano teknologi menggunakan ultrasonik memiliki distribusi ukuran partikel yang cukup homogen sehingga memiliki kestabilan secara fisik dan tidak akan menyebabkan partikel saling beragregasi dalam kurun waktu yang cukup lama.

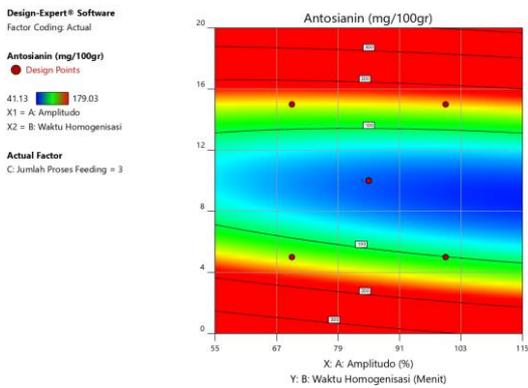
Nilai indeks polidispersitas terkecil yang diinginkan terdapat pada kombinasi faktor run ke-8, yaitu 0,111 yang berada pada nilai faktor A (Amplitudo) 85%, faktor B (Waktu homogenisasi) 15 menit dan faktor C (Jumlah proses *feeding*) sebanyak 5 kali. Respon indeks polidispersitas yang diinginkan berada pada kombinasi faktor A pada *center point*, faktor B dan faktor C pada *maximum point*.

Kadar Antosianin

Pada grafik menunjukkan bahwa faktor/ variabel B (Waktu homogenisasi) menjadi faktor yang paling mempengaruhi total nilai warna a* sari buah stroberi dibandingkan faktor/ variabel A (Amplitudo) dan C (Jumlah proses *feeding*).

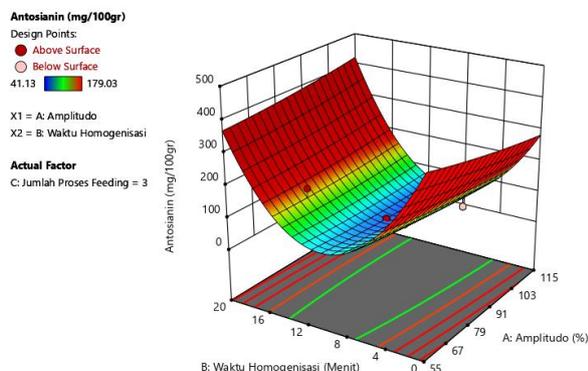


Gambar 9. Perturbation Plot Respon kadar Antosianin



Gambar 10. Grafik Contour Plot Respon kadar Antosianin

Titik-titik yang tersebar menunjukkan posisi masing-masing kombinasi factor pada 17 runs tersebut berdasarkan respon kadar antosianin dengan model ordo *quadratic*. Kombinasi faktor dengan kadar antosianin paling tinggi ditempatkan pada daerah grafik berwarna merah kemudian diikuti dengan warna jingga, kuning, hijau, biru muda hingga biru tua yang menunjukkan semakin kecil kadar antosianin.



Gambar 11. Grafik 3D Surface Respon kadar Antosianin

Kadar antosianin makin meningkat seiring dengan makin lamanya proses ultrasonikasi, dalam hal ini waktu homogenisasi dan banyaknya jumlah proses *feeding*. Kadar antosianin paling besar yaitu 179,03 mg/100 g, diperoleh pada unit percobaan 8, dimana faktor B (waktu homogenisasi) dan faktor C (jumlah proses *feeding*) berada pada maksimum *point*, dan faktor A (amplitudo) pada *center point*.

Pada sari buah stroberi yang diproses secara nano teknologi menggunakan ultrasonik, kadar antosianin mengalami kenaikan selama proses. Hal ini menandakan adanya pemecahan partikel antosianin pada sari buah selama proses homogenisasi ultrasonik. Selama proses menggunakan ultrasonik, gelombang *sinusoidal* merambat melalui media cairan. Mekanisme gerakan gelombangnya membentuk puncak dan lembah yang berulang-ulang. Rambatan gelombang tersebut direspons oleh molekul-molekul pada bahan dengan ikut bergetar secara elastis sehingga menimbulkan efek kavitasi (*cavitation*). Pada saat terjadi efek kavitasi, bahan yang berupa cairan akan membentuk gelembung-gelembung udara berukuran sangat kecil (mikro hingga nano). Jumlah gelembung udara yang terbentuk akan bergantung pada frekuensi, intensitas dan lamanya gelombang ultrasonik tersebut kontak dengan bahan tersebut. Setelah melewati titik jenuhnya, gelembung-gelembung ini kemudian akan pecah dengan kecepatan puluhan ribu kali per detik sehingga menghasilkan lonjakan energy, tekanan dan suhu yang cukup tinggi yang terpusat pada area tertentu. Kondisi ini kemudian akan menimbulkan efek seperti gelombang kejut/ geser (*shear wave*) yang mengakibatkan terjadi penguraian molekul bahan pangan, dalam hal sari buah stroberi, molekul antosianin menjadi ukuran yang lebih kecil tanpa merusak kualitas nutrisi dari sari buah stroberi tersebut.

Tabel 4. Persamaan model matematika respon yang dianalisis

Respon	Persamaan matematis
Ukuran Partikel	$Y = 624 - 16,11 A - 137,89 B - 216,08 C$
Indeks Polidispersitas	$Y = 0,3175 + 0,0180 A - 0,0472 B - 0,0788 C$
Kadar Antosianin	$Y = 53,95 - 5,91 A + 15,27 B + 15,48 C + 9,60 AB - 9,84 AC + 7,55 BC + 1,71 A^2 + 75,86 B^2 + 20,98 C^2$

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian pengolahan sari buah stroberi yang diproses secara nano teknologi menggunakan ultrasonik dapat mempengaruhi karakteristik fisiko kimia produk yang dihasilkan. Respon yang dianalisis terhadap 17 unit percobaan yaitu ukuran partikel, indeks polidispersitas dan kadar antosianin. Hasil respon dianalisis dengan metode respon permukaan (*Response Surface Methodology*) model Box-Behnken (*Box-Behnken Design*) menggunakan aplikasi Design Expert V.12 dengan hasil model setiap respon yang berbeda antara *linear* dan *quadratic*.

DAFTAR PUSTAKA

- Ariyandi, N., Sudaryanto, M., Kurniati., Mujamilah & Ari, H. 2007, Pembuatan nanosfer berbasis biodegradable polilaktat (PLA) dengan metode ultrasonic, *J Sains Materi Indonesia*, 8(2): 182 –186
- Darniadi, S., dkk. 2020. Buku Saku Bahan Pangan Potensial untuk Anti Virus dan Imun Booster. Sub Stroberi. p. 67. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Pasca Panen Pertanian. ISBN 978-979-1116-58-9. Bogor.
- Fachruddin, Lisdiana. 2002. Teknologi Tepat Guna Membuat Aneka Sari Buah. Penerbit Kanisius. Yogyakarta.
- Hariyadi, Purwiyatno. 2014. Pangan Fungsional Indonesia. Bogor.
<https://www.researchgate.net/publication/263118009>
- Hoerudin dan Irawan B. 2016. Prospek Nanoteknologi Dalam Membangun Ketahanan Pangan. Bogor
- Jain, P. K., Lee, K. S., dan El-Sayed, I. H. (2006). Calculated Absorption and Scattering Properties of Gold Nanoparticles of Different Size, Shape, and Composition: Applications in Biological Imaging and Biomedicine. *Journal of Physical Chemistry B*. 110(14): 7238-7248.
- Montgomery, D.C. 2001. Design and Analysis of Experimental. John Wiley & Sons Inc, New York.
- Iriawan N, Astuti SP. 2006. Mengolah Data Statistik dengan Mudah Menggunakan Minitab 14. Yogyakarta. Penerbit ANDI.
- Radojkovic, M., Zekovic, Z., Jokic, S., and Vidovic, S. 2012. Determination of optimal extraction parameters of mulberry leaves using Response Surface Methodology (RSM). *Romanian Biotechnological Letters*. 17(3): 7295–7308.
- Nengsih, Yulia dkk. 2013. Biofungisida Nanopartikel Perak dari *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *Bulgaricus*. LPPM. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Ingrid, Maria dan Santoso H. 2013. Aktivitas Antioksidan dan Senyawa Bioaktif dalam Buah Stroberi. LPPM Universitas Parahyangan. Bandung.
- Poh Cheng Tien Robbin, Heng Xiyang And Lio Tiing Shen, Cavitation and Sonochemistry at [http : //sps.nus. edu.sg/~pohcheng/21711205.pdf](http://sps.nus.edu.sg/~pohcheng/21711205.pdf)
- Lim Chang Mou. 2000. Synthesis and Characterization of Poly (Lactid Acid) Micro/ Nanospheres for Potential Drug Delivery