

OPTIMASI PENGHAMBATAN PENGENDAPAN JUS JAMBU BIJI MERAH DENGAN METODE SONIKASI

OPTIMIZATION INHIBITION OF PRECIPITATION GUAVA JUICE BY SONICATION METHOD

Sapta Raharja^{*)} dan Ade Damayanti

Departemen Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian IPB
Kampus IPB Dramaga P.O. Box 220 Bogor 16002

*e-mail: saptaraharja@ipb.ac.id

ABSTRACT

The guava juice is one example of beverage product and has benefit as antioxidant. It was found that precipitation still happens to this product on marketplace which consumers are less preferable of precipitation guava juice. Therefore, it is necessary to improve the quality of the guava juice in order to inhibit precipitation. The aims of this research are to identify the effect of sonication time and amplitude ultrasonic wave to the stability of guava juice. Moreover, the purpose of this study is to identify the acceptances of panelist toward product applied by best combined of sonication time and amplitude value. Based on the research, the most optimum result determined was amplitude of 23% and sonication time of 50 minute where average particle size of guava juice was 298.48 nm with sonication and 311.78 nm without sonication. Based on organoleptic test, texture and appearance of guava juice by sonication were not different significantly with any sample without sonication, whereas for the taste parameter was different significantly. Suspension stability test results showed that samples with sonication treatment were better than samples without sonication.

Keywords: guava juice, precipitation, sonication, optimal, particle size

ABSTRAK

Jus jambu biji merah merupakan minuman segar yang mempunyai khasiat karena mengandung zat antioksidan. Produk jus atau minuman sari buah jambu biji merah yang beredar di pasaran masih ditemukan adanya pengendapan. Pengendapan tersebut kurang disukai oleh sebagian masyarakat. Oleh karena itu, perlu dilakukan upaya perbaikan kualitas jus jambu biji merah agar pengendapan dapat dihambat. Tujuan penelitian ini adalah mengidentifikasi pengaruh waktu sonikasi dan amplitudo terbaik dalam meningkatkan stabilitas suspensi jus jambu biji merah, dan mengetahui penerimaan jus jambu biji merah oleh panelis pada kombinasi waktu sonikasi dan amplitudo terbaik. Berdasarkan penelitian yang dilakukan, kondisi optimum terjadi pada amplitudo 23% dan waktu sonikasi 50 menit dengan ukuran partikel sebesar 298,48 nm, sedangkan sampel tanpa sonikasi sebesar 311,78 nm. Berdasarkan uji organoleptik, tekstur dan penampakan jus jambu biji merah dengan proses sonikasi tidak berbeda signifikan terhadap jus jambu biji merah tanpa sonikasi, sedangkan untuk parameter rasa berbeda secara signifikan. Hasil pengujian stabilitas suspensi menunjukkan bahwa sampel dengan perlakuan sonikasi lebih baik dibanding tanpa sonikasi.

Kata kunci : jus jambu biji merah, pengendapan, sonikasi, optimum, ukuran partikel

PENDAHULUAN

Jus buah merupakan cairan yang diperoleh dengan cara memeras buah secara langsung. Saat ini, jus dijadikan minuman alternatif yang praktis dan modern. Jenis minuman sari buah atau jus dapat dibagi menjadi dua macam yaitu keruh (*cloud juice*) dan jernih (*clear juice*). Sifat keruh pada jus atau sari buah merupakan parameter fisik yang dikehendaki, terutama berasal dari pektin dan komponen tidak larut yang terdapat pada buah-buahan. Pektin yang terdapat pada sari buah akan membantu mempertahankan kenampakan keruh (Tamaroh 2004). Sifat keruh pada jus menjadi kendala pada saat penyajian yaitu terjadinya pengendapan pada dasar wadah atau botol. Hal ini dapat terjadi karena bahan yang bersifat tidak larut penyebab kekeruhan jus

atau sari buah akan mengendap dalam waktu tertentu dan menjadikan kenampakan tidak menarik. Pengendapan tersebut dapat menurunkan ketertarikan konsumen dan dapat berakibat kehilangan pasar.

Bahan bersifat tidak larut biasanya mempunyai ukuran partikel yang tidak seragam sehingga tidak akan terdispersi secara merata pada minuman dan mempunyai berat molekul (BM) yang tinggi sehingga akan cepat mengendap karena adanya gaya berat (Tamaroh 2004). Jus jambu biji merah yang saat ini berkembang di pasaran masih mengalami pengendapan dan diperlukan pengadukan atau pengocokan sari buah atau jus sebelum dikonsumsi. Pengendapan pada produk jus jambu biji merah pada kemasan tertutup tidak dapat terlihat namun dapat dirasakan secara tekstur oleh lidah. Oleh karena itu, perlu dilakukan upaya agar kestabilan

jus jambu biji merah dapat dipertahankan sehingga pengendapan dapat dihambat. Salah satu usaha yang dimungkinkan dapat mengatasi masalah tersebut yaitu dengan mengecilkan ukuran partikel untuk meningkatkan stabilitas suspensi.

Metode pengecilan ukuran partikel dapat dilakukan dengan cara metode presipitasi, *mechanical process*, *gas phase synthesis*, *form in place* seperti *lithography* (khusus pembuatan *coating*), dan penggunaan gelombang ultrasonik. Pemakaian metode sonikasi diharapkan dapat memperkecil ukuran partikel jus jambu biji merah sehingga pada penelitian ini metode sonikasi dicoba karena penggunaan alat ini praktis, prosesnya mudah, waktu dan amplitudo dapat diatur sesuai kebutuhan dan tidak berlangsung lama. Keuntungan penggunaan metode sonikasi yaitu mengurangi waktu proses, memiliki ketelitian tinggi, dan konsumsi energi rendah (Tiwari *et al.* 2009).

Dalam teknologi pangan, nano teknologi dapat memperbaiki daya *spreadability* dan stabilitas, serta menciptakan pangan yang lebih rendah lemak. Misalnya vitamin dan mineral dapat dibuat dalam bentuk emulsi nano sehingga bisa mempercepat daya serap oleh tubuh (Winarno 2010). Aplikasi gelombang ultrasonik bermanfaat dalam menimbulkan efek kavitasi akustik yang akan digunakan dalam pembuatan bahan berukuran nano (Nakahira *et al.* 2007).

Pengujian ini dilakukan dengan mengamati pengaruh waktu sonikasi dan amplitudo gelombang ultrasonik pada stabilitas suspensi yang terbentuk. Pembuatan ukuran lebih kecil pada jus jambu biji merah ini diharapkan dapat menghambat pengendapan sehingga meningkatkan kualitas dari jus jambu dan memperbaiki penampilan yaitu memberikan kenampakan yang lebih menarik (*estetis*). Selain itu, produk jus jambu hasil sonikasi dapat memicu daya serap lebih tinggi oleh tubuh karena ukuran yang super kecil (nano partikel) dapat lebih leluasa memasuki bagian-bagian tubuh, yang dikenal *bioavailability* dibanding dengan material yang berukuran besar sehingga nano partikel akan lebih mudah diserap oleh sel secara individu (Winarno dan Fernades 2010).

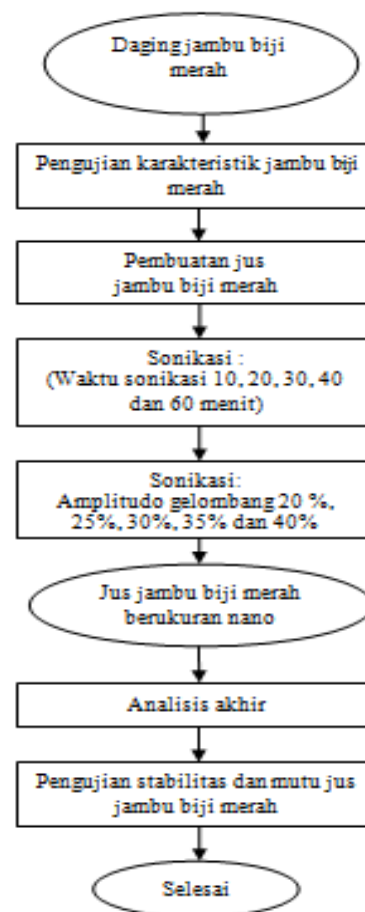
BAHAN DAN METODE

Bahan dan Alat

Bahan baku yang digunakan adalah jambu biji merah varietas jambu biji lokal yang diperoleh dari Pasar Anyar, Bogor, Jawa Barat. Sedangkan bahan untuk analisis yaitu aquades, heksana, CuSO_4 , H_2SO_4 1,25%, asam borat, NaOH 3,25%, kertas saring, etanol 95%, NaOH 6 N dan bahan kimia lainnya. Sedangkan alat yang digunakan yaitu *ultrasonic processor* (Cole Parmer 20 kHz, 130 watt) dengan kapasitas proses untuk sampel 10 mL–50 mL untuk skala lab, timbangan, blender, saringan probe 250 mesh, cawan porselen, cawan aluminium, buret, desikator, pipet, mikroskop digital dan PSA (*Particle Size Analyzer*) dan alat gelas lainnya.

Metode

Metode penelitian yang dilakukan terbagi menjadi dua yaitu penelitian pendahuluan dan penelitian utama. Penelitian pendahuluan yang dilakukan meliputi proses karakterisasi jambu biji merah (analisis proksimat, total padatan terlarut, warna dan vitamin C), pengukuran partikel produk minuman jus jambu biji merah di pasaran, dan formulasi pembuatan jus jambu biji merah. Penelitian utama yang dilakukan meliputi pengaruh waktu sonikasi dan pengaruh amplitudo sonikasi, pengujian mutu jus jambu biji merah, uji stabilitas suspensi, uji ukuran partikel, dan uji organoleptik. Adapun diagram alir tahapan penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1 Diagram alir penelitian

Rancangan percobaan yang digunakan pada penelitian adalah CCD (*Central Composit Design*) dengan nilai $\alpha = 1,414$. CCD digunakan karena model orde utama dapat diketahui melalui pengujian apakah *range* variabel bebas bersifat optimum yaitu dengan mengambil data yang ada perlakuan 1,1; -1,1; 1,-1; -1,-1; dan 0,0. Nilai-nilai tiap level dari waktu sonikasi dan amplitudo dapat ditentukan rentangnya seperti ditunjukkan Tabel 1.

Tabel 1 Level dari faktor-faktor sonikasi

Faktor	Level				
	1,414	-1	0	1	-1,414
Waktu (menit)	57	45	50	55	43
Amplitudo (%)	37	25	30	35	23

Seluruh kombinasi yang merupakan sampel jus jambu biji merah dilakukan analisis ukuran partikel dengan mikroskop digital, sedangkan sampel terbaik hasil optimasi akan dilakukan uji PSA, pengujian mutu, stabilitas suspensi, vitamin C, pengukuran warna dan pengujian organoleptik. Pada penelitian ini digunakan metode respon permukaan dengan bantuan *software* SAS untuk mengolah datanya.

Penggunaan RSM pada penelitian ini adalah untuk mendapatkan titik kritis dari kombinasi perlakuan sonikasi. *Response Surface Methodology* (RSM) merupakan suatu metode gabungan antara teknik matematika dan teknik statistika, digunakan untuk membuat model dan menganalisa suatu respon Y yang dipengaruhi oleh beberapa variabel bebas (faktor X) guna mengoptimalkan respon tersebut (Montgomery 2001).

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

Keterangan :

- Y = Respon Pengamatan (ukuran partikel)
- β_0 = Intersep
- β_i = Koefisien linier
- β_{ii} = Koefisien kuadrat
- β_{ij} = Koefisien interaksi perlakuan
- X_i = Kode perlakuan untuk faktor ke-I (waktu sonikasi)
- X_j = Kode perlakuan untuk faktor ke-j (amplitudo)
- k = Jumlah faktor yang dicobakan

PEMBAHASAN

Karakteristik Bahan

Jambu biji merah yang digunakan pada penelitian ini yaitu varietas jambu biji lokal. Jambu biji lokal daging buahnya berwarna merah, berbiji banyak, buahnya berukuran kecil dan rasanya manis (Cahyono 2010^a). Uji total padatan terlarut dan uji warna dilakukan untuk menggambarkan kondisi buah yang digunakan dalam pembuatan sampel jus jambu biji merah. Pengujian total padatan terlarut menggunakan refraktometer bertujuan untuk melihat konsentrasi bahan terlarut sedangkan pada uji warna menggunakan *colortex colormeter* bertujuan untuk melihat kematangan buah.

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan buah jambu biji merah yang digunakan adalah buah dengan kondisi matang tua dengan hasil refraktometer sekitar 23,33 brix. Hal ini berarti dalam 100 gram bahan, 23,33 g merupakan zat padat terlarut dan 76,67 g adalah air dan padatan tidak terlarut. Perolehan nilai

brix pada sampel jus jambu biji merah berbeda yaitu sebesar 2,9 brix. Hal ini dikarenakan bahan sudah mengandung air dalam jumlah tinggi sehingga nilai *brix* yang diperoleh kecil. Hasil uji *colortex colormeter* sebesar $A^* = 3331$, $L^* = 3012$, $B^* = 7953$. Nilai B yang besar dan nilai *hue* 23,98⁰ menunjukkan bahwa buah berwarna merah yang berarti sudah matang.

Karakterisasi jus jambu dimulai dengan analisis proksimat dan formulasi pembuatan jus jambu biji merah. Analisis proksimat pada jambu biji merah didapatkan hasil seperti pada Tabel 2 berikut:

Tabel 2 Hasil analisis proksimat jambu biji merah

Parameter Uji	Basis	Hasil Penelitian	Literatur*
Kadar air	(% bb)	73.56	77 – 86
Kadar abu	(% bb)	0.76	0.43 – 0.7
Kadar lemak	(% bk)	0.42	0.4 - 0.5
Kadar Protein	(% bk)	1	0.9 – 1.0
Kadar serat	(% bk)	2.83	2.8 – 5.5
Kadar karbohidrat	(%)	21.43	9.5 – 10

(by difference)

* Sumber : (Cahyono 2010^a)

Tabel 2 memperlihatkan perolehan hasil proksimat untuk kadar abu, kadar protein, kadar serat kasar dan kadar lemak yang sudah sesuai dengan literatur tetapi kadar air mengalami sedikit perbedaan dengan literatur. Hal ini dapat disebabkan karena tempat dan proses panen dari jambu biji merah berbeda dan ketebalan dari potongan jambu yang tidak seragam. Kadar air merupakan parameter utama yang terlibat dalam reaksi perusakan bahan dan kandungan air dalam buah ikut menentukan kesegaran dan daya terima konsumen.

Menurut Muchtadi *et al.* (2010), setiap buah-buahan mempunyai komposisi yang berbeda-beda dan dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu perbedaan varietas, keadaan iklim, tempat tumbuh, pemeliharaan tanaman, cara pemanenan, tingkat kematangan, waktu panen, kondisi selama pemeraman dan kondisi saat penyimpanan. Kadar karbohidrat yang didapat jauh lebih besar dibandingkan dengan literatur (Tabel 2) karena perolehan kadar karbohidrat dilakukan secara *by difference* yaitu 100% dikurangi dengan kadar air, kadar abu, kadar lemak, kadar protein dan kadar serat.

Vitamin C atau L-asam askorbat merupakan antioksidan yang larut dalam air (*aqueous antioxidant*). Vitamin C merupakan vitamin yang larut dalam air dan esensial untuk biosintesis kolagen (Naidu 2003). Hasil pengujian vitamin C disajikan dalam Tabel 3 berikut ini:

Tabel 3 Hasil pengujian vitamin C jambu biji merah

Parameter uji	Hasil penelitian	Literatur*
Vitamin C (mg/100 gram)	38.72	52.06

*Sumber : (Zakaria *et al.* 2000)

Berdasarkan Tabel 3 diatas vitamin C yang diperoleh tidak sesuai dengan literatur. Hal ini dapat disebabkan karena varietas jambu yang dipakai tidak sama, begitu pula dengan kematangannya. Hal ini didukung oleh literatur bahwa komponen kimia didalam buah-buahan dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain perbedaan varietas, keadaan iklim, tempat tumbuh, dan cara pemeliharaan tanaman, cara pemanenan, kematangan pada waktu panen dan kondisi penyimpanan setelah panen (Susanto dan Sethoyadi 2011).

Kandungan terbesar pada analisis proksimat jambu biji merah adalah kandungan karbohidrat sebesar 21,43%. Karbohidrat dengan berat molekul tinggi seperti pektin, pati, selulosa dan lignin. Komponen yang dapat menyebabkan kekeruhan pada jus jambu biji adalah pektin yang apabila kehilangan sifat koloidnya akan mengendap. Hal ini didukung oleh literatur bahwa Jenis serat yang cukup banyak terkandung di dalam jambu biji adalah pektin yang merupakan serat yang bersifat larut di dalam air (Astawan 2008).

Pada minuman dalam kemasan botol, pengendapan menyebabkan bagian bawah dari minuman tersebut terlihat lebih kental dari bagian atasnya. Apabila proses pengendapan terus berlanjut akan mengakibatkan bagian atas menjadi bening. Semakin ke bawah semakin kental dan semakin keruh penampakannya. Produk yang penampilannya seperti itu akan kehilangan daya tariknya, padahal kehilangan daya tarik dapat berakibat kehilangan pasar (Suparno 2012). Oleh karena itu, berbagai usaha perlu dilakukan agar tidak terjadinya proses koagulasi dan proses pengendapan partikel ke bagian bawah. Salah satu usaha yang dilakukan untuk menghambat pengendapan tersebut yaitu dengan metode sonikasi. Pengecilan ukuran partikel diharapkan dapat membuat penampakan jus lebih baik. Menurut Philip dan Woodroof (1980) dalam Anugrahati (2004) semakin besar ukuran partikel kemungkinan terjadinya penggumpalan antar partikel semakin besar.

Penggunaan Metode Sonikasi

Pengecilan ukuran partikel sampel menggunakan alat *ultrasonic processor Cole-Parmer* yang mempunyai spesifikasi frekuensi sebesar 20 kHz dan daya maksimum yang dapat digunakan sebesar 130 Watt. Alat tersebut memiliki waktu sonikasi, amplitudo, dan pulsa gelombang yang dapat diatur sesuai kebutuhan. Daya adalah energi yang ditransferkan dan diekspresikan dalam satuan watt. Persen amplitudo yang sering digunakan berkisar antara 20-40% dari daya yang telah tersedia. Hal ini dikarenakan pada rentang tersebut memiliki efisiensi cukup tinggi. Daya akustik diukur dalam watts (W) atau mili watts (mW) yang menjelaskan jumlah energi akustik yang dihasilkan tiap waktu. Besarnya daya yang dibawa gelombang ultrasonik (P) adalah:

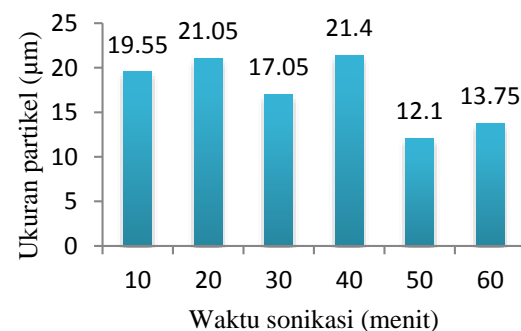
$$P = \frac{E}{t}$$

Pemakaian amplitudo akan berpengaruh terhadap intensitas yang dikeluarkan alat sehingga penggunaan waktu sonikasi dan amplitudo harus diatur dan disesuaikan dengan karakteristik bahan. Gelombang ultrasonik yang digunakan adalah gelombang ultrasonik dengan intensitas rendah agar tidak merusak bahan atau medium yang dilaluinya (Rejo 2002). Intensitas adalah sejumlah tenaga (energi per waktu) per luas dan sebanding dengan kuadrat amplitudo tekanan.

$$I \propto P^2$$

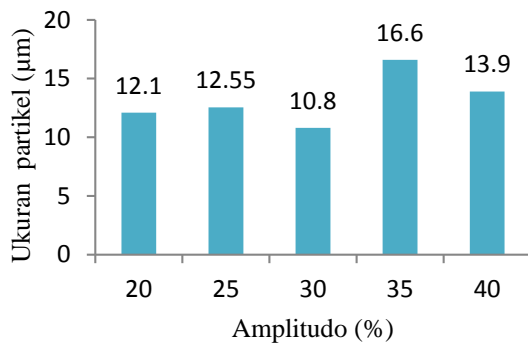
Gelombang ultrasonik digunakan untuk membuat gelembung kavitasi (*cavitation bubbles*). Energi dalam ultrasonik merupakan intensitas gelombang ultrasonik yang merambat dan membawa energi pada suatu luas permukaan per satuan waktu. Jika energi gelombang ultrasonik tersebut melalui jaringan, maka akan melepaskan energi (kalor) sehingga terjadi pemanasan yang mengakibatkan suhu jaringan meningkat dan kemudian menimbulkan efek kavitasi, yaitu pembentukan, pertumbuhan dan pecahnya gelembung di dalam sebuah cairan (Jos *et al.* 2011).

Tahap awal sonikasi dimulai dengan mencari waktu dan amplitudo terbaik. Tahap awal amplitudo yang dipakai yaitu 20% dengan variasi waktu sonikasi 10 menit, 20 menit, 30 menit, 40 menit dan 60 menit. Selanjutnya dilakukan pengukuran ukuran partikel menggunakan mikroskop digital. Hasil rentang waktu yang terbaik yaitu pada selang 50 menit dengan rata-rata ukuran partikel sebesar 12,1 μm . Penetapan ini berdasarkan perolehan rata-rata ukuran partikel terkecil yang didapat diantara sampel yang diuji cobakan seperti ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2 Hubungan waktu sonikasi dengan ukuran partikel pada amplitudo 20%

Pengujian selanjutnya yaitu menentukan amplitudo terbaik dengan variasi amplitudo mulai dari 20%, 25%, 30%, 35% dan 40%. Rentang amplitudo terbaik yang terpilih yaitu pada amplitudo 30% dengan waktu sonikasi 50 menit dengan rata-rata ukuran partikel sebesar 10,8 μm . Penetapan ini berdasarkan perolehan rata-rata ukuran partikel terkecil yang didapat diantara sampel yang diuji cobakan seperti ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3 Hubungan amplitudo dengan ukuran partikel pada waktu sonikasi 50 menit

Pada produk jus atau minuman sari buah jambu biji merah yang terdapat di pasaran dilakukan pengujian ukuran partikel dengan tujuan sebagai pembandingan dengan sampel yang telah dibuat pada penelitian ini. Perbandingan ukuran partikel yang dihasilkan disajikan pada Tabel 4.

Pada tahap ini ukuran partikel jus jambu hasil sonikasi sudah lebih kecil dibandingkan merk A dan merk B sehingga laju pergerakan partikel melambat yang mengakibatkan larutan menjadi stabil. Pada titik optimum ini akan dilakukan uji *Particle Size Analyzer* (PSA) untuk melihat distribusi ukuran partikel dan ukuran terkecil yang didapat setelah mengalami sonikasi.

Tabel 4 Perbandingan ukuran partikel sampel dengan produk pasaran

Nama	Ukuran partikel (µm)	Keterangan
Merk A	93.8	Pergerakan partikel cepat
Merk B	136.8	Pergerakan partikel cepat
Blanko (Tanpa	51.1	Pergerakan partikel cepat

Sampel optimum sementara	5.2	Pergerakan lambat
--------------------------	-----	-------------------

Hasil pengujian ukuran partikel optimum dengan mikroskop digital (Tabel 5) yang telah di desain oleh RSM yaitu pada waktu sonikasi 50 menit dan amplitudo 23 menit dengan ukuran partikel rata-rata terbesar 5,2 µm. Namun, titik ini belum dikatakan optimum karena hasil pengujian selanjutnya akan dimasukkan kedalam *software* SAS untuk mengetahui titik kritis yang dapat mengoptimalkan ukuran partikel.

Analisis Ukuran Partikel Dengan *Particle Size Analyzer* (PSA)

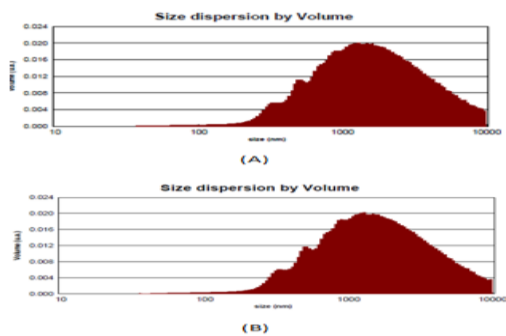
Analisis lebih lanjut ukuran partikel jus jambu biji merah dilakukan dengan *Particle Size Analyzer* (PSA). Pengujian analisis PSA, sampel jus jambu biji merah terlebih dahulu harus diketahui indeks biasnya. Indeks bias jus jambu biji merah yang diperoleh sebesar 1,3372. Indeks bias digunakan karena prinsip pengukuran PSA yang menggunakan sinar laser yaitu mendeteksi penyebaran cahaya. Sampel yang diletakan pada kuvet (wadah) akan dideteksi ukuran partikelnya melalui pemberian sinar laser. Seberkas sinar yang dihamburkan oleh partikel-partikel koloid yang bergerak di dalam larutan akan mengalami fluktuasi intensitas cahaya dan terjadinya pergeseran frekuensi. yang akan mengalami gerak brown yang berfluktuasi terhadap waktu (Astawan 2012).

Hasil uji PSA untuk sampel optimum dengan amplitudo 23% dan waktu sonikasi 50 menit menghasilkan ukuran rata-rata sebesar 298,48 nm dan 311,78 nm untuk blanko (tanpa sonikasi). Pada Gambar 4 menunjukkan ukuran partikel dengan distribusi volume jus jambu biji merah yang terbaca dengan metode *cummulant method*.

Tabel 5 Hasil pengujian ukuran partikel dengan mikroskop digital

Sampel	Ukuran Partikel (µm)		Rata-rata (µm)
	Besar	Kecil	
A = 25% T= 45 menit	17	6.1	11.55
A = 35% T= 45 menit	10.2	2.2	6.2
A = 25% T= 55 menit	20.6	2.7	11.65
A = 35% T= 55 menit	13.7	1.8	7.75
A = 30% T= 43 menit	17.9	2.7	10.3
A = 30% T= 57 menit	22.4	3.6	13
A = 23% T= 50 menit	8.6	1.8	5.2
A = 37% T= 50 menit	14.4	1.8	8.1
A = 30% T= 50 menit	14.3	2.7	8.5
A = 30% T= 50 menit	12.5	3.6	8.05
A = 30% T= 50 menit	18	3.6	10.8
A = 30% T= 50 menit	19.7	1.8	10.75
A = 30% T= 50 menit	19.7	2.7	11.2

Keterangan: A = Amplitudo dan T = Waktu sonikasi



Gambar 4 Kurva hubungan antara ukuran partikel dengan distribusi volume dengan hasil variasi sampel : (A) jus jambu biji merah tanpa sonikasi dan (B) jus jambu optimum.

Hasil pengukuran pada sampel optimum dan blanko (jus jambu tanpa sonikasi) menghasilkan ukuran yang tidak jauh berbeda dengan selisih sebesar 13,13 nm. Hal ini dapat dilihat pada Gambar 4 yang menunjukkan distribusi volume pada sampel A dan B memperlihatkan kurva hanya bergeser sedikit sehingga ukuran partikel yang didapat tidak jauh berbeda. Hasil pengolahan menggunakan *software* SAS didapat persamaan model ukuran partikel sebagai berikut:

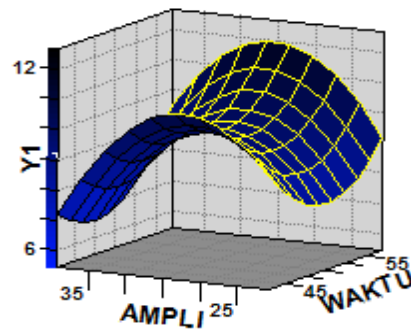
Tabel 6 Hasil uji statistik pengecilan ukuran partikel jus jambu biji merah

Parameter	Hasil Analisis Statistika (Nilai p)	Keterangan
X1	0.3924	Tidak signifikan
X2	0.4193	Tidak signifikan
X1*X1	0.2858	Tidak signifikan
X2*X2	0.0918	Tidak signifikan
X1*X2	0.7426	Tidak signifikan
Lack of Fit	0.12688	tidak ada <i>lack of fit</i>

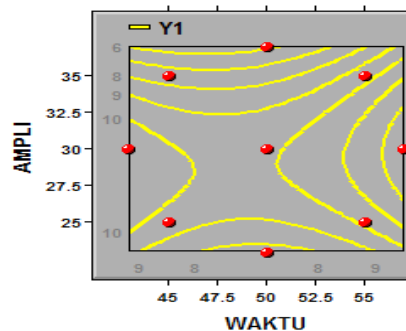
Nilai koefisien determinasi menjelaskan bahwa sekitar 51,79% data dari hasil penelitian merupakan pengaruh dari faktor-faktor perlakuan sedangkan 48,21% berasal dari variabel luar lainnya yang tidak diteliti. Hasil uji *lack of fit* menunjukkan bahwa nilai p sebesar 0,126 lebih besar dari α (0,05) berarti tidak ada *lack of fit*. Hasil ini berarti bahwa model cukup menggambarkan sebaran data yang dihasilkan dari penelitian ini sehingga model dapat digunakan.

Gambar 5 menunjukkan bahwa ukuran partikel memperlihatkan bentuk pelana atau *saddle point*. Optimasi pada ukuran partikel tidak menunjukkan hasil yang diinginkan terlihat pada kurva yang terbentuk. Pada Gambar 6 kontur plot tidak menunjukkan semakin kecil lingkaran yang dibentuk tetapi membelakangi daerah-daerah optimum sedangkan titik-titik berwarna merah merupakan titik percobaan yang telah dilakukan. Pada SAS diberikan titik kritis yang dapat mengoptimalkan ukuran partikel yaitu dengan kombinasi waktu sonikasi selama 48,3971 menit dan

amplitudo sebesar 28,7906% tetapi bentuk respon permukaan berbentuk *saddle point*. Setelah diujikan titik kritis tersebut menghasilkan rata-rata ukuran partikel sebesar 365 nm. Ukuran partikel tersebut jauh lebih besar dibanding blanko 311,78 nm dan sampel optimum hasil pengujian RSM melalui mikroskop sebesar 298,48 nm. Hal ini menunjukkan ternyata titik kritis yang direkomendasikan belum tentu memiliki ukuran yang kecil. Ukuran partikel yang didapat berkaitan dengan ketidakcocokan penggunaan metode sonikasi pada jus jambu biji merah dan lamanya waktu sonikasi pada sampel.



Gambar 5 Permukaan respon ukuran partikel dengan variasi waktu sonikasi dan amplitudo



Gambar 6 Kontur ukuran partikel dengan variasi waktu sonikasi dan amplitudo

Hasil pengujian ukuran partikel pada titik kritis dibandingkan dengan hasil analisis penentuan titik optimum melalui mikroskop. Kombinasi terbaik yang terpilih yaitu pada amplitudo 23 % dan waktu sonikasi 50 menit. Hal ini karena pada kombinasi tersebut ukuran yang didapat jauh lebih kecil dan lebih homogen dibandingkan dengan titik kritis yang direkomendasikan pada SAS. Nilai *Poly Dispersity Index* atau distribusi ukuran partikel (PDI) pada sampel (amplitudo 23% dan waktu sonikasi 50 menit) yaitu 1,2790 lebih homogen dibanding sampel titik kritis (amplitudo 28,7906% dan waktu sonikasi 48,3971 menit) sebesar 2,0880. Nilai indeks polidispersitas menunjukkan penyebaran distribusi ukuran partikel. Semakin kecil nilai indeks polidispersitas menunjukkan distribusi ukuran partikel semakin sempit, yang berarti ukuran diameter partikel semakin homogen (Yuan 2008).

Pengecilan ukuran partikel jus jambu biji merah dengan metode sonikasi kurang cocok digunakan. Hal ini dapat disebabkan oleh beberapa faktor yaitu komponen yang ada pada jus jambu tidak dapat dipecah menjadi bagian yang lebih kecil, lama sonikasi dan ketidakhomogenan sampel. Komponen dalam jus jambu tersebut dapat berupa serat larut air yang terdapat pada jambu.

Energi yang dihasilkan ketika penggunaan sonikasi ini berkisar antara 1153 joule sampai dengan 7414 joule. Besarnya energi yang dihasilkan belum bisa memecah pektin atau serat yang terkandung pada jus jambu biji merah. Hal ini dapat disebabkan karena terjadi proses penyerapan gelombang ultrasonik oleh medium yang dilewati. Proses absorpsi menyebabkan arah gelombang menyebar dan dapat merubah beberapa parameter gelombang seperti panjang gelombang dan amplitudo. Usaha pemecahan pektin menggunakan metode sonikasi mungkin kurang cocok dan salah satu usaha lain yang dapat digunakan yaitu pemakaian enzim pektinase. Menurut Pedrolli *et al.* (2009) pektinase merupakan enzim yang mampu memecah polisakarida pektin menjadi asam galakturonat.

Banyaknya energi yang masuk ke dalam sistem dapat menambah formasi dari partikel-partikel teraglomerasi (Konwarh 2011). Hal ini menyebabkan ukuran dari partikel semakin besar karena terjadi pengikatan partikel bersamaan sehingga saling berdekatan. Selain itu, pada sampel terdapat waktu optimum untuk memperkecil ukuran partikel, dimana setelah waktu optimum itu terlewati maka ukuran tidak dapat kecil lagi tetapi justru kembali membesar (Timuda *et al.* 2010).

Lama waktu sonikasi yang diujikan pada jus jambu biji merah berkisar antara 23-57 menit. Waktu sonikasi yang dicobakan tersebut mungkin kurang lama sehingga ukuran partikel berukuran kecil tidak tercapai. Perlakuan sonikasi menyebabkan timbulnya kavitasasi sehingga semakin lama waktu sonikasi, maka ukuran dari partikel-partikel yang terbentuk semakin mengecil (Nakahira *et al.* 2007). Metode pengecilan ukuran partikel selain metode sonikasi yaitu metode emulsifikasi, metode pemecahan, metode pengendapan dan metode difusi emulsi mungkin dapat digunakan. Material yang nanometer memiliki sejumlah sifat kimia dan fisika yang lebih unggul dari material berukuran besar. Sifat-sifat tersebut dapat diubah dengan melakukan pengontrolan terhadap komposisi kimiawi, modifikasi permukaan, pengontrolan partikel dan ukuran material (Lead 2007).

Stabilitas Suspensi

Stabilitas didefinisikan sebagai kemampuan suatu produk untuk bertahan dalam batas waktu yang ditetapkan sepanjang periode penyimpanan dan penggunaan. Stabilitas fisika berarti contoh mempertahankan sifat fisika awal termasuk penampilan, kesesuaian, keseragaman, disolusi, dan kemampuan untuk disuspensikan (Agoes 2001).

Pada pengujian stabilitas jus jambu biji merah dilakukan penambahan gula pasir. Penambahan tersebut

dilakukan untuk mendapat karakter jus yang hampir serupa dengan produk di pasaran yaitu dibuat dengan perbandingan jus dan gula 4:1 lalu dipanaskan sampai suhu mencapai 70 °C selama 15 menit. Pengamatan stabilitas suspensi jus jambu biji merah dilakukan dengan melihat waktu yang diperlukan sampel untuk membentuk dua lapisan yang terpisah. Pengukuran stabilitas suspensi dilakukan setelah sampel didiamkan selama 24 jam (1 hari). Adapun pengujian 13 sampel kombinasi waktu sonikasi dan amplitudo dengan RSM didapatkan hasil sebagai berikut:

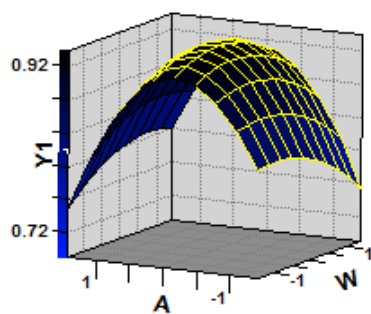
Tabel 7 Hasil pengujian stabilitas suspensi jus jambu biji merah

Waktu sonikasi (meit)	Amplitudo (%)	Stabilitas suspensi (%)
45	25	85
45	35	73
55	25	80
55	35	75
43	30	97
57	30	97
50	23	84
50	37	84
50	30	79
50	30	96
50	30	99
50	30	96
50	30	99

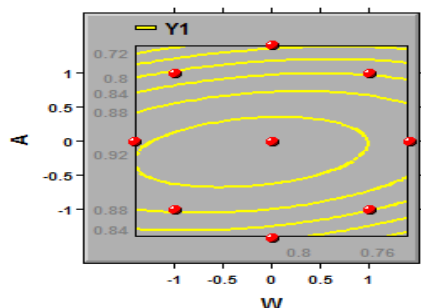
Nilai koefisien determinasi menjelaskan bahwa sekitar 44,23% data dari hasil penelitian merupakan pengaruh dari faktor-faktor perlakuan sedangkan 57,77 % berasal dari variabel luar lainnya yang tidak diteliti selain waktu sonikasi dan amplitudo. Hasil uji *lack of fit* menunjukkan bahwa nilai p sebesar 0,324322 (lebih besar dari α 0,05) berarti tidak ada *lack of fit*. Hasil ini menunjukkan bahwa model cukup menggambarkan sebaran data yang dihasilkan dari penelitian ini sehingga model dapat digunakan. Hasil uji statistik suspensi jus jambu biji merah disajikan pada Tabel 8.

Tabel 8 Hasil uji statistik stabilitas suspensi jus jambu biji merah

Parameter	Hasil Analisis Statistika (Nilai p)	Keterangan
X1	0.9134	Tidak signifikan
X2	0.5434	Tidak signifikan
X1*X1	0.721	Tidak signifikan
X2*X2	0.0609	Tidak signifikan
X1*X2	0.6942	Tidak signifikan
<i>Lack of Fit</i>	0.324322	Tidak ada <i>lack of fit</i>



Gambar 7 Respon permukaan hubungan antara waktu sonikasi dan amplitudo terhadap stabilitas suspensi



Gambar 8 Kontur plot hubungan antara waktu sonikasi dan amplitudo terhadap stabilitas suspensi

Respon permukaan (Gambar 10) dapat memaksimumkan nilai stabilitas suspensi. Kontur yang terbentuk mulai mendekati daerah-daerah optimum yang terlihat pada Gambar 11. Pada SAS diberikan titik kritis yang dapat mengoptimumkan stabilitas suspensi yaitu dengan kombinasi waktu sonikasi selama 48,8866 menit dan amplitudo sebesar 29,2105% pada titik -0,2268 (waktu), -0,15791 (amplitudo) dengan bentuk respon permukaan yang berbentuk maksimum. Setelah dilakukan pengujian terhadap titik kritis tersebut didapatkan hasil stabilitas suspensi sebesar 96%. Pada Tabel 9 memperlihatkan bahwa sampel ini sudah lebih baik dibandingkan stabilitas suspensi pada blanko, merk A, dan merk B.

Tabel 9 Hasil pengujian stabilitas suspensi

Nama sampel	Stabilitas suspensi (%)
Blanko	74
Merk A	78
Merk B	91
Sampel optimum	96

Metode sonikasi dapat menghambat terjadinya pengendapan pada jus jambu merah meskipun dengan nilai *R square* 44,23% pada stabilitas suspensi. Hal ini menunjukkan bahwa terdapat variabel lain yang tidak diteliti yang dapat berpengaruh terhadap stabilitas suspensi jus jambu biji merah. Variabel lain yang

dimaksud dapat berupa ukuran partikel dari jus jambu biji merah. Ukuran partikel jus jambu biji merah dengan metode sonikasi kurang cocok untuk diterapkan sehingga berpengaruh terhadap stabilitas suspensi yang terbentuk.

Pengujian Mutu Jus Jambu Biji Merah

Pengujian kadar protein, kadar lemak dan kadar serat kasar

Jus jambu biji merah yang telah melalui proses sonikasi selanjutnya akan dilakukan pengujian mutu berupa kadar lemak, kadar serat kasar dan kadar protein. Hal ini dilakukan untuk melihat apakah proses sonikasi mempengaruhi kandungan gizi pada jus jambu biji merah. Hasil pengujian mutu jus jambu biji merah ditunjukkan pada Tabel 10.

Kadar lemak berfungsi sebagai sumber energi yang paling penting dibanding karbohidrat dan protein. Berdasarkan (Tabel 10) menunjukkan bahwa kadar lemak terjadi penurunan setelah mengalami sonikasi yaitu dari 0,975% menjadi 0,51%. Penurunan tersebut dapat disebabkan oleh sampel kontak dengan udara cukup lama sehingga mengalami oksidasi namun sampel optimum hasil sonikasi menunjukkan kesesuaian dengan literatur. Pada umumnya buah-buahan memiliki kadar protein dan kadar lemak yang rendah kecuali pada buah avokad (kadar lemak < 4%) (Muchtadi dan Ayustaningwatno 2010).

Tabel 10 Hasil pengujian jus jambu biji merah

Parameter Uji	Hasil Penelitian		Literatur *
	Kontrol	Sampel Optimum	
Kadar Lemak (% bk)	0.975	0.51	0.5
Kadar Protein (% bb)	0.155	0.14	0.8
Kadar Serat kasar (% bb)	0.021	0.016	3.7

Sumber* : Al-Jedaah dan Robinson (2002)

Kadar protein mengalami penurunan setelah mengalami sonikasi yaitu dari 0,15% menjadi 0,14%. Hal ini dapat disebabkan karena adanya perlakuan pemanasan dapat menurunkan protein. Menurut (Andarwulan *et al.* 2011) protein dapat berubah sifat fisika-kimianya karena pengaruh panas, penambahan pH, pengaruh pelarut organik (seperti alkohol dan aseton) dan penambahan garam.

Serat kasar adalah bagian tanaman pangan yang tersisa atau tidak dapat dihidrolisis kembali oleh larutan asam sulfat (H₂SO₄) atau larutan natrium hidroksida (NaOH) dan kandungan tersebut belum menunjukkan kandungan serat total makanan (Sulistijani 2002). Hasil perolehan kadar serat kasar mengalami penurunan setelah mengalami sonikasi yaitu dari 0,021% menjadi 0,016% dan nilai yang dihasilkan tidak sesuai dengan literatur. Hal ini dapat disebabkan karena sampel terlebih dahulu disaring dengan saringan berukuran 250 mesh sehingga tidak lolos saringan pada kertas saring *whatman* 41 yang dipakai pada saat

analisis dan dapat disebabkan juga sampel masih larut dalam asam dan basa sehingga mengurangi nilai kandungan serat.

Menurut Sulistijani (2002) kadar serat kasar nilainya lebih rendah dibandingkan dengan kadar serat makanan yaitu sekitar 1/3-1/2 dari nilai serat makanan karena asam sulfat dan natrium hidroksida berkadar 1,25% mempunyai kemampuan yang lebih besar untuk menghidrolisis komponen-komponen makanan dalam jumlah besar dibandingkan dengan enzim-enzim pencernaan. Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa metode sonikasi dapat berpengaruh terhadap penurunan kandungan gizi pada jus jambu akibat adanya pemanasan, getaran suara, lamanya sonikasi dan lain-lain.

Uji vitamin C dan pengukuran warna

Secara visual faktor warna tampil lebih dahulu dalam penentuan mutu bahan pangan. Penerimaan warna suatu bahan berbeda-beda tergantung dari faktor alam, geografis, dan aspek sosial masyarakat penerima (Winarno 2004). Pada penelitian ini uji warna dilakukan untuk melihat perubahan warna yang terjadi pada jus jambu biji merah sebelum dan sesudah sonikasi. Warna pada sampel jambu biji merah, jus jambu biji merah dan jus jambu biji merah sonikasi diukur dengan *colortec colormeter version 4.1*. Parameter yang diamati yaitu nilai chroma dan nilai Hue untuk melihat perubahan warna yang dihasilkan. Nilai L*, a* dan b* yang didapat seperti yang ditunjukkan Tabel 11.

Tabel 11 Hasil pengukuran warna dengan *colortec colorimeter*

Nama sampel	L*	A*	B*	Hue (°)	Chroma	ΔA*	ΔB*	ΔL*
Kontrol	2292	2899	6710	24,74	7309			
Sampel optimum	2915	2901	6734	24,67	7332	2	24	623

Pada Tabel 11 diatas menunjukkan bahwa nilai Hue untuk kontrol dan sampel optimum tidak berbeda jauh, yaitu 24,74° dan 24,67°. Nilai yang didapat tersebut menandakan bahwa warna produk merah dan stabilitas warna dapat dipertahankan. Nilai chroma pada kontrol sebesar 7304 dan sampel optimum sebesar 7322. Nilai ini tidak berbeda jauh sehingga intensitas warna dapat dipertahankan. Dari pengujian warna tersebut dapat disimpulkan bahwa metode sonikasi tidak mengakibatkan penurunan warna terhadap sampel. Hal ini dapat dilihat dari perubahan nilai L*, A* dan B* yang bernilai positif. Pada penelitian ini dilakukan uji vitamin C pada jus jambu tanpa sonikasi dan jus jambu sonikasi. Hasil pengujian vitamin C yang ditunjukkan pada Tabel 13. Perbedaan varietas jambu biji yang dipakai dapat menyebabkan perbedaan kandungan vitamin C yang diperoleh. Jambu yang dipakai oleh Cheng *et al.* (2007) adalah jambu biji Penang Malaysia.

Pada Tabel 12 menunjukkan bahwa kandungan vitamin C jus jambu hasil sonikasi mengalami

penurunan sebesar 5,26% dari jus jambu tanpa sonikasi yaitu dari 100,32 mg/100 ml menjadi 95,04 mg/100 ml. Hal ini dapat disebabkan karena sampel mengalami kontak dengan udara luar atau pengaruh dari pemanasan. Hal ini didukung oleh literatur bahwa vitamin C merupakan vitamin yang mudah rusak, disamping larut dalam air, vitamin C mudah teroksidasi dan proses tersebut dipercepat oleh panas, sinar, alkali, enzim serta katalis tembaga dan besi. Oksidasi akan terhambat bila vitamin C dibiarkan dalam keadaan asam atau pada suhu yang rendah (Winarno 2002).

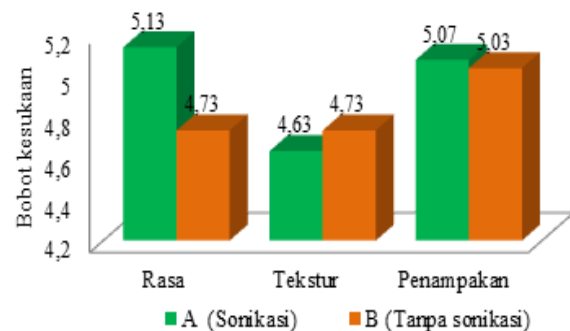
Tabel 12 Hasil pengujian vitamin C jus jambu biji merah

Parameter uji	Hasil Penelitian		Literatur *
	Kontrol	Sampel Optimum	
Vitamin C (mg/100 ml)	100.32	95.04	110

*Sumber : Cheng *et al.* 2007

Uji Organoleptik

Uji organoleptik pada jus jambu biji merah menggunakan metode penyajian berpasangan (*paired presentation*) yaitu contoh yang disajikan sebanyak dua buah dalam waktu yang sama dan uji *scoring*. Variasi yang dilakukan pada uji organoleptik ini yaitu jus jambu biji merah tanpa sonikasi (blanko) dan hasil sonikasi. Penambahan gula pasir diberikan untuk kedua sampel tersebut sebanyak 15 gram untuk 320 ml jus yang bertujuan untuk meningkatkan rasa dan menambah *flavor* pada jus tersebut. Kemudian sampel tersebut dipanaskan sampai mendidih lalu didiamkan sampai dingin. Penilaian organoleptik dilakukan oleh 30 panelis agak terlatih. Panelis diminta mengungkapkan respon terhadap 3 parameter yaitu rasa, tekstur dan penampakan. Berdasarkan uji organoleptik yang telah dilakukan didapatkan hasil seperti yang ditunjukkan pada Gambar 9.



Gambar 9 Hubungan antara parameter organoleptik terhadap bobot kesukaan

Hasil organoleptik untuk tekstur dan penampakan didapatkan nilai F hitung lebih kecil dari F tabel secara berturut-turut yaitu 0,685, 0,026 < 4,18 (F tabel 5%). Nilai yang didapat tersebut tidak diperlukan uji lanjut sehingga dapat disimpulkan jenis sampel tidak berpengaruh secara signifikan terhadap respon tekstur dan penampakan. Hal ini dapat disebabkan karena

tekstur dari sampel yang telah disonikasi tidak mengalami perubahan ukuran sehingga tekstur yang dirasakan hampir sama dengan sampel jus jambu biji merah tanpa sonikasi. Sedangkan untuk penampakan menunjukkan bahwa dengan dilakukan sonikasi, sampel tidak mengalami perubahan yang besar sehingga penampakan yang terlihat hampir sama dengan sampel jus jambu biji merah tanpa sonikasi.

Hasil organoleptik pada rasa menunjukkan F hitung lebih besar dari F tabel yaitu $4,767 > 4,18$ (F tabel 5%) sehingga dilakukan uji lanjut duncan. Hasil uji lanjut duncan terhadap rasa memiliki selisih lebih besar dibandingkan nilai *Least Significant Range* (LSR) yaitu $0,4 > 0,38$ sehingga dapat disimpulkan rasa pada jus jambu biji merah dengan sonikasi lebih disukai dibandingkan tanpa sonikasi. Hal ini dapat disebabkan karena sampel telah terlebih dahulu mengalami perlakuan sonikasi yang mengakibatkan sampel terasa hangat dan partikel jus secara tidak langsung sudah mengalami pergerakan. Pada sampel sonikasi partikel lebih cepat mengikat gula sehingga rasa sampel sonikasi lebih terasa dibanding sampel jus jambu biji merah tanpa sonikasi. Selain itu, kandungan vitamin C pada jus jambu sonikasi masih cukup tinggi sehingga berpengaruh rasa. Menurut Winarno (2004) rasa dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu senyawa kimia, suhu, konsentrasi dan interaksi dengan komponen rasa yang lain.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Penggunaan metode sonikasi pada jus jambu biji merah dalam mengecilkan ukuran partikel kurang cocok untuk digunakan. Hal ini, dikarenakan pada pengujian ukuran partikel optimum yaitu pada amplitudo 23% dan waktu sonikasi 50 menit didapatkan rata-rata ukuran partikel sebesar 298,48 nm sedangkan untuk jus jambu biji merah tanpa sonikasi sebesar 311,78 nm. Hasil tersebut memperlihatkan hasil pengecilan ukuran yang didapat tidak jauh berbeda dan berpengaruh terhadap stabilitas suspensi yang dihasilkan. Hal ini dapat disebabkan oleh variabel lain yang tidak diteliti, komponen yang ada pada jus jambu biji merah sulit untuk diperkecil, dan lama sonikasi yang digunakan.

Respon penerimaan pada uji organoleptik dengan kombinasi waktu sonikasi 50 menit dan amplitudo 23% didapatkan hasil bahwa tekstur dan penampakan tidak berpengaruh secara signifikan sedangkan rasa berpengaruh secara signifikan. Hal ini berarti, tekstur dari sampel yang telah disonikasi tidak mengalami perubahan ukuran sehingga tekstur yang dirasakan hampir sama dengan sampel jus jambu biji merah tanpa sonikasi dan berpengaruh terhadap penampakan yang dihasilkan. Rasa pada sampel sonikasi lebih disukai karena partikel dalam larutan sudah mengalami pergerakan dan pemanasan yang didapatkan ketika proses sonikasi. Hasil pengujian stabilitas suspensi menunjukkan bahwa sampel dengan perlakuan sonikasi lebih baik dibanding tanpa sonikasi.

Saran

Penambahan bahan penstabil berupa CMC atau gum arab pada konsentrasi tertentu mungkin dapat dilakukan untuk menghasilkan jus jambu biji merah yang stabil sehingga pengendapan dapat dihambat, memiliki penampakan menarik dan dapat disukai konsumen.

DAFTAR PUSTAKA

- Agoes G. 2001. *Studi Stabilitas Sediaan Farmasi*. Bandung (ID): Teknologi Farmasi Program Pasca Sarjana, Institut Teknologi Bandung.
- Al-Jedah JH, Robinson RK. 2002. Nutritional value and microbiological safety of fresh fruit juice sold through retail outlets in Qatar. *Pakistan J Nutri* (2);79-81, 2002
- Andarwulan N, Kusnandar F, Herawati D. 2011. *Analisis Pangan*. Jakarta (ID) : PT. Dian Rakyat.
- Anugrahati AN, Artha N, Muryani D. 2004. Peranan cloudifier ada Jus Jeruk Pontianak. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Pangan* Vol 2 No 1 April 2004.
- Astawan M. 2008. *Sehat dengan Buah*. Jakarta (ID) : PT.Dian Rakyat.
- Cahyono B. 2010^a. *Budi Daya Jambu Biji di Pekarangan dan Perkebunan*. Yogyakarta (ID): Lily Publisher.
- Cahyono B. 2010^b. *Mengenal Guava*. Edisi Pertama. Yogyakarta (ID): Lily Publisher. Hal 4.
- Cheng LH, Soh CY, Liew SC, *The FF Effects of sonication and carbonation on guava juice quality*. *J Food Chem* 104 (2007) 1396–1401.
- Jos B, Pramudono B, Aprianto. 2011. Ekstraksi oleoresin dari kayu manis berbantu ultrasonik dengan menggunakan pelarut alkohol. *Reaktor*, Vol. 13 No. 4, Desember 2011, Hal. 231-236.
- Konwahrh R, Karak N, Sawian EM, Baruah S, Mandal M. 2011. Effect of sonication and aging on the templating attribute of starch for green silver nanoparticles and their interactions at bio interface. *J Carbo Poly* 83 (2011) 1245–12.
- Lead J. 2007. *Nanoparticle In The Aquatic and Terrestrial Environments*. Issues in Environmental Science and Technology 24:1-18.
- Muchtadi TR, Ayustaningwatno F. 2010. *Ilmu Pengetahuan Bahan Pangan*. Bandung (ID): Alfabeta.
- Montgomery DC. 2001. *Design and Analysis of Experiments*. Fifth Edition. John Wiley and Sons, Inc. New York. Hlm 427-448.
- Naidu, KA. 2003 Vitamin C in human health and disease is still a mystery ? An overview. *Nutri J* 2003, 2:7.
- Nakahira A, Nakamura S, Horimoto M. 2007. *Synthesis of Modified Hydroxyapatite (HAP) Substituted with Fe Ion for DDS Application*. Osaka: IEEE Transactions on Magnetic 43 (6):2465-2467.
- Pedrolli MAC, Gomes, E Carmona EC. 2009. Pectin and Pectinases : Production, characterization and industrial application of microbial pectinolytic enzymes, *Op. Biotechnol. J.*, 3, pp. 9–18.

- Suparmo.** 2012. *Dinamika Partikel Koloid*. Yogyakarta (ID) : UNY Press.
- Susanto WH, Setyohadi RB.** 2011. Pengaruh varietas Apel (*Malus sylvestris*) dan lama fermentasi oleh khamir *Saccharomyces cerevisiae* sebagai perlakuan pra-pengolahan terhadap karakteristik sirup. *J Tek Pertani* Vol.12 No. 3 [Desember 2011] 135-142.
- Sulistijani AD.** 2002. *Sehat dengan Menu Berserat*. Jakarta (ID) : Trubus Agriwidia.
- Tamaroh S.** 2004. Usaha peningkatan stabilitas nektar buah jambu biji (*Psidium guajava* L) dengan penambahan Gum Arab dan CMC (*Carboxy Methyl Cellulose*). *LOGIKA*, Vol.1, No.1, Januari 2004.
- Timuda GE, Maddu A, Irmansyah, Widiyatmoko B.** 2010. Sintesis Partikel Nanocrystalline TiO₂ untuk Aplikasi sel Surya menggunakan Metode Sonokimia. *Prosiding Pertemuan Ilmiah XXIV HFI Jawa Tengah dan DIY Semarang* hal.104-109
- Tiwari BK, Donnell OPC, Cullen JP.** 2009. Effect of sonication on retention of anthocyanins in blackberry juice. *J Food Eng* 166-171.
- Winarno FG.** 2004. *Kimia Pangan dan Gizi*. Jakarta (ID): Gramedia. Pustaka Utama.
- Winarno FG, Fernandez IE.** 2010. *Nanoteknologi bagi Industri Pangan dan Kemasan*. Bogor (ID): M-BRIO PRESS.
- Winarno FG.** 2010. Nanoteknologi. [Internet]. [diunduh 2012 Maret 29]. Tersedia pada <http://www.foodreview.com>.
- Yuan Y, Gao Y, Zhao J, Mao L.** 2008. Characterization and stability evaluation of β -carotene nanoemulsions prepared by high pressure homogenization under various emulsifying conditions. *J Food Resch Int* 41:61–68.