

OPTIMASI KONSENTRASI PELILINAN DAN SUHU PENYIMPANAN BUAH MANGGIS DENGAN MENGGUNAKAN METODE *RESPON SURFACE*

Andriani Lubis ¹⁾ Emmy Darmawati ²⁾ Sutrisno ²⁾

Andriani_loebis@yahoo.com, emi_handono@yahoo.com, kensutrisno@yahoo.com

Abstrak

Penanganan pasca panen yang kurang tepat adalah penyebab sebagian manggis tidak dapat dipertahankan mutunya setelah panen. Belum banyak penelitian yang menginformasikan kombinasi perlakuan suhu dan pelilinan yang optimum untuk mempertahankan mutu atau memperpanjang umur simpan manggis. Penelitian ini diharapkan memberi informasi kombinasi pelilinan dan suhu yang optimum untuk mempertahankan mutu manggis. Metode respon surface (MRS) digunakan untuk membuat model matematik pengaruh kombinasi perlakuan suhu dan konsentrasi pelilinan terhadap parameter mutu yang diamati.

Rancangan penelitian dilakukan untuk analisa menggunakan CCD (Center Cubic Design) dengan perlakuan suhu penyimpanan (X_1) 6°C, 8°C, 13°C, 18°C, 20°C dan konsentrasi pelilinan (X_2) 4%, 5%, 7.5%, 10%, 11%. Respon mutu yang diamati adalah laju respirasi, susut bobot buah, kekerasan kulit dan total padatan terlarut (TPT).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa suhu penyimpanan merupakan variabel bebas yang dominan mempengaruhi perubahan mutu manggis. Dari ke empat parameter mutu yang diamati, TPT adalah respon yang terbaik untuk dianalisa menggunakan metode MRS dengan nilai R^2 sebesar 69.3% dan *Lack of fit* sebesar 0.093. Model matematik pengaruh kombinasi suhu dan pelilinan terhadap respon TPT adalah $Y = 16.4600 - 0.9268X_1 - 0.0561X_2 + \epsilon$. Model tersebut menghasilkan *plot surface* berbentuk *saddle point* dengan nilai optimum pada suhu penyimpanan 18°C dan konsentrasi lilin 7.5%, artinya pada kondisi tersebut perubahan nilai TPT adalah minimum selama masa simpan.

Key words: Manggis, Metode Respon Surface, Pelilinan, Suhu Penyimpanan.

PENDAHULUAN

Manggis merupakan salah satu jenis tanaman buah tropis. Buah ini banyak ditemukan di hutan belantara Indonesia sehingga mendapat julukan "Mutiara Hutan Belantara". Buah manggis juga dikenal sebagai "Queen of Tropical Fruits" karena buahnya memiliki bentuk, ukuran, dan warna yang menarik serta rasa buah yang sangat eksotik. Beberapa kelebihan manggis sebagai buah yang layak untuk diekspor adalah (1) penanganan pasca panen relatif mudah, kulitnya yang keras dan relatif tahan lama disimpan, (2) dapat dibekukan tanpa mengurangi kualitas, (3) mempunyai umur ekonomis yang panjang.

Permintaan ekspor buah manggis meningkat setiap tahun sehingga buah manggis merupakan salah satu primadona buah ekspor Indonesia. Ekspor manggis periode Februari 2010 mencapai 8.225 ton meningkat 91% dibandingkan volume ekspor periode 2009 sebesar 4.285 ton (Dirjen Hortikultura 2009). Buah manggis Indonesia diekspor ke berbagai negara khususnya ke Hongkong, Cina, Singapura, Malaysia, Saudi Arabia, Emirat Arab, dan Belanda. Mengingat jarak tempuh negara tujuan yang relative jauh dan bervariasi, maka perlu dilakukan manajemen penanganan buah manggis untuk ekspor. Penanganan pasca panen yang belum tepat merupakan salah satu penyebab sebagian buah manggis Indonesia bermutu rendah dan tidak diterima konsumen. Poerwanto (2002) melaporkan dari total produksi manggis di Indonesia, diperkirakan hanya 20-30 % yang dapat diekspor. Masalah utama yang terjadi pada manggis adalah produk yang mudah mengalami kerusakan akibat masih berlangsungnya proses fisiologis seperti respirasi, transpirasi dan produksi etilen.

Kerusakan pasca panen buah manggis dapat dicegah dengan metode pasca panen yang tepat, sehingga kehilangan hasil dapat diminimalkan. Penanganan pasca panen yang baik yaitu dapat memperpanjang umur simpan dan mengurangi susut bobot selama penyimpanan dan transportasi. Budiastra (2000) menyatakan pasca panen manggis dimulai dari panen di kebun petani sampai siap dikirim ke luar negeri meliputi kegiatan panen, *precooling*, pengangkutan, perlakuan, sortasi, pemutuan,

penggolongan berdasarkan ukuran, pengemasan, penyimpanan dan pengangkutan ke negara tujuan ekspor. Beberapa cara penanganan pasca panen manggis segar untuk memperpanjang ketahanan simpan dan mutunya adalah teknik pengemasan, penggunaan anti mikroba, pengaturan suhu penyimpanan, penyimpanan dengan atmosfer termodifikasi, pelapisan lilin, penggunaan zat antitranspiran, perlakuan *precooling* dan kombinasi berbagai cara tersebut. Kombinasi penerapan penanganan pasca panen diharapkan mampu memberikan efek yang lebih baik terhadap umur simpan dan mutu manggis. Penelitian manggis yang berkaitan dengan kombinasi perlakuan pasca panen hingga saat ini masih dilakukan. Berdasarkan hal tersebut penulis memilih kombinasi perlakuan yaitu suhu dan pelilinan untuk penanganan pasca panen. Penelitian selama ini belum menginformasikan hasil kombinasi perlakuan suhu dan pelilinan optimum untuk mempertahankan mutu dan memperpanjang umur simpan manggis. Salah satu metode yang dapat digunakan adalah Metode Respon Surface (MRS). MRS ini dipilih karena metode ini dapat menunjukkan bagaimana pengaruh pemberian input terhadap respon dan tidak menangani faktor acak serta digunakan jika perlakuan yang diberikan tarafnya kuantitatif. MRS sudah banyak diterapkan pada penelitian lain yang berhubungan dengan pertanian.

Tujuan dari penelitian ini adalah: (1) Mempelajari pengaruh suhu dan pelilinan terhadap mutu simpan buah manggis. (2) Menyusun model dengan menggunakan Metode Respon Surface untuk mengetahui kombinasi perlakuan suhu dan pelilinan terhadap mutu simpan manggis. (3) Menentukan kombinasi suhu dan pelilinan yang optimum untuk mutu simpan manggis yang diharapkan.

METODOLOGI

Tempat, Waktu, Bahan dan Alat

Penelitian ini akan dilaksanakan di Laboratorium Teknik Pengolahan Pangan dan Hasil Pertanian (TPHP) Fateta IPB-Bogor pada bulan Maret - Mei 2009. Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah buah manggis, lilin lebah dan air destilat. Alat yang digunakan adalah lemari pendingin untuk penyimpanan, *Rheometer* model CR-300 untuk mengukur kekerasan, *Refraktometer* Atago PR-210 untuk mengukur total padatan terlarut daging buah manggis, timbangan digital, Termometer, kipas angin.

Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan dalam beberapa tahapan sebagai berikut :

1. Buah manggis yang telah dipanen dari kebun dengan indeks kematangan 2 atau 3 yang biasanya digunakan untuk ekspor, dibersihkan dari semut dan kotoran yang menempel dengan tangan kemudian dilakukan sortasi kematangan dan ukuran.
2. Tahap selanjutnya buah manggis kemudian dicelupkan pada emulsi lilin dengan konsentrasi 4%, 5%, 7.5 %, 10 % dan 11%. Bahan pelapis yang digunakan berupa emulsi lilin lebah. Emulsi lilin standar 12 persen dibuat dengan melarutkan 120 gram lilin lebah dalam wadah pada suhu 90-95°C, lalu ditambahkan 20 ml asam oleat dan 40 ml trietanolamin sambil diaduk sampai homogen. Pembuatan emulsi dilanjutkan dengan mengencerkan campuran tersebut dengan air mendidih (95°C) sampai volume 1000 ml kemudian diaduk dengan mixer kurang lebih 15 menit dan hasilnya didinginkan untuk penggunaan selanjutnya (Setyowati dan Budiarti, 1992). Untuk pengencerannya, dilakukan dengan menambahkan air tidak sadah sesuai dengan perbandingan yang ada dan diaduk dengan mixer. Pelilinan dilakukan dengan metode pencelupan selama 60 detik kemudian ditiriskan dibantu dengan kipas angin sekitar 3 menit. Setelah proses pencelupan selesai dan bahan pelapis mulai kering, buah manggis kemudian dikemas dengan kemasan plastik *stretch film*.
3. Selanjutnya buah manggis disimpan dalam lima suhu ruang yang berbeda, yaitu suhu 6°C, 8°C, 13°C, 18°C dan 20°C. Selama penyimpanan dilakukan pengukuran terhadap laju respirasi, susut bobot, kekerasan, dan TPT.

Pengamatan (Variabel respon yang diamati)

1. Kekerasan

Kekerasan berkaitan dengan turgiditas jaringan dinding tipis parenchymatous atau adanya banyak jaringan berdinding tebal yang kemungkinan sudah mati (Salunkhe *et al.* 1991). Uji kekerasan diukur berdasarkan tingkat ketahanan buah terhadap jarum penusuk *rheometer*. Pengukuran kekerasan dilakukan dengan menggunakan *rheometer* model CR-300 dapat dilihat pada Gambar 6, yang diset dengan mode 20, beban maksimum 10 kg, kedalaman penekanan 10 mm, kecepatan penurunan beban 60 mm.menit¹ dan diameter jarum 5 mm. Pengujian dilakukan di 3 titik pada bagian tengah buah. Selama pengujian buah dipegang dengan tangan agar buah tidak bergeser. Pengujian kekerasan dilakukan setiap 3 hari sekali.

2. Total Padatan Terlarut (°Brix)

Pengukuran total padatan terlarut dilakukan dengan menggunakan Refraktometer digital, dilakukan setiap 3 hari sekali. Pasta buah diletakkan pada prisma Refraktometer digital yang sudah distabilkan pada suhu 25°C, kemudian dilakukan pembacaan. Sebelum dan sesudah pembacaan, prisma Refraktometer dibersihkan dengan menggunakan aquadest. Angka Refraktometer menunjukkan kadar total padatan terlarut (°Brix).

Rancangan Percobaan

Metode yang digunakan adalah Metode Respon Surface, maka kombinasi suhu penyimpanan dan konsentrasi pelilinan sebagai variabel bebas yang terlibat dirancang sesuai dengan desain percobaan untuk MRS, sehingga didapatkan data dari laju respirasi, susut bobot, kekerasan dan total padatan terlarut sebagai variabel respon yang akan diamati.

a. Penentuan Harga Variabel

Penentuan harga variabel-variabel yang diteliti adalah variabel yang berkaitan dengan proses penyimpanan manggis dan diduga berpengaruh terhadap umur simpan dan mutu manggis. Variabel-variabel tersebut adalah:

1. Variabel Respon: laju respirasi, susut bobot, kekerasan dan total padatan terlarut.
2. Variabel Prediktor :
 - Suhu, dinotasikan X_1 dengan range antara 6 sampai dengan 20°C
 - Konsentrasi lilin, dinotasikan X_2 dengan range antara 4% sampai dengan 11%

b. Pengambilan Data

Data-data diperoleh dengan melakukan percobaan dan sebagian data pendukung diperoleh dari percobaan yang dilakukan oleh Yennita Sihombing. Design yang digunakan untuk mengumpulkan data adalah model faktorial 2^2 ditambah dengan 5 titik pusatnya (*center point*) sehingga jumlah pengamatannya adalah 9 untuk percobaan orde pertama. *Central Composite Design* (CCD) digunakan untuk rancangan percobaan orde kedua, yang terdiri dari faktorial 2^2 ditambah 5 *center point* dan 4 *axialpoint*, sehingga total pengamatannya adalah 13 dengan nilai $\alpha = 1,414$.

Percobaan untuk orde pertama maupun orde kedua dikodekan sedemikian hingga level rendah berhubungan dengan -1,414 dan level tinggi dengan 1,414 untuk mempermudah perhitungan. Hubungan antara kode perlakuan dan perlakuan dapat dilihat pada Tabel 1 dan rancangan percobaan dengan sistem pengkodean dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 1. Perlakuan dan Kode Perlakuan

Perlakuan	Kode Perlakuan				
	-1.414	-1	0	1	1.414
Suhu Penyimpanan (X_1)	5.93	8	13	18	20.07
Konsentrasi Pelilinan (X_2)	3.965	5	7.5	10	11.035

Tabel 2. Rancangan Percobaan dengan sistem pengkodean

No	Suhu Penyimpanan		Konsentrasi Pelilinan		Respon
	Kode	°C	Kode	(%)	
1	-1	-1	8	5	
2	1	-1	8	10	
3	-1	1	18	5	
4	1	1	18	10	
5	-1.414	0	13	3.9	
6	1.414	0	13	11	
7	0	-1.414	5.93	7.5	
8	0	1.414	20.07	7.5	
9	0	0	13	7.5	
10	0	0	13	7.5	
11	0	0	13	7.5	
12	0	0	13	7.5	
13	0	0	13	7.5	

Model persamaan pada orde pertama yang digunakan dengan desain faktorial 2^2 adalah:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \epsilon$$

Keterangan:

Y : Nilai respon setiap parameter yang diamati

β_0 : intercept

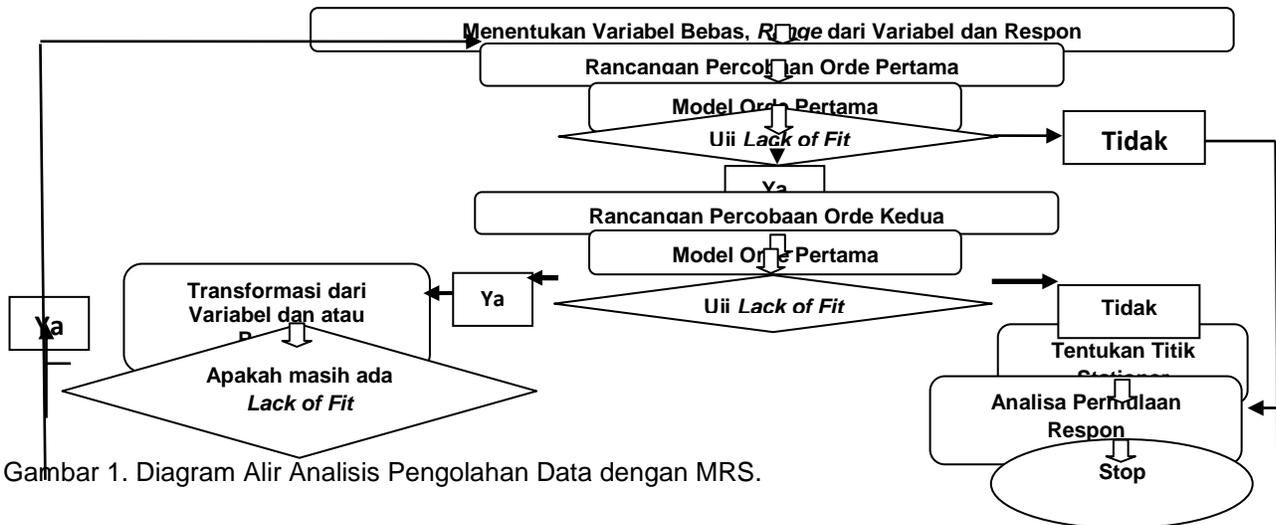
β_1, β_2 : koefisien regresi variabel X_1, X_2

ϵ : nilai galat

Model persamaan kondisi optimum untuk penyimpanan manggis dengan desain faktorial 2^2 pada orde kedua adalah :

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_{11} X_1^2 + \beta_{22} X_2^2 + \beta_{12} X_1 X_2 + \epsilon$$

Metode *Response Surface* pada prinsipnya meliputi Analisa Regresi dan Rancangan Percobaan Statistik untuk menyelesaikan masalah optimasi. Adapun langkah-langkah analisa pengolahan data dengan MRS dapat dilihat pada Gambar 1.



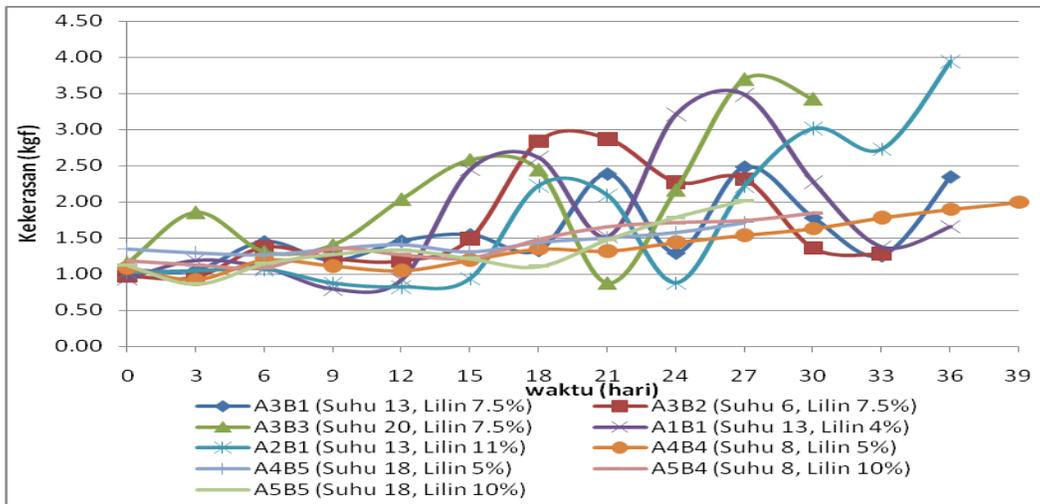
Gambar 1. Diagram Alir Analisis Pengolahan Data dengan MRS.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kekerasan Kulit

Kekerasan kulit buah merupakan salah satu faktor yang menentukan mutu buah dan menandakan penurunan mutu buah. Pada buah manggis kekerasan merupakan salah satu indikator kerusakan, artinya semakin keras buah maka dapat dikatakan semakin rusak dan menjadi tidak disukai. Oleh karena itu pelapisan lilin diharapkan dapat mempertahankan keempukannya. Pada Gambar 1 menunjukkan perubahan nilai kekerasan kulit manggis dari semua perlakuan cenderung terjadi peningkatan selama penyimpanan. Peningkatan kekerasan kulit manggis antara lain disebabkan oleh penguapan air. Penguapan cairan pada ruang-ruang antar sel menyebabkan sel menjadi ciut sehingga ruang antar sel menyatu dan zat pektin menjadi saling berikatan. Selain penguapan air dari bahan, pengerasan getah yang dikandung dalam kulit manggis karena pengaruh suhu juga dapat menyebabkan pengerasan pada kulit manggis. Terjadinya pengerasan kulit buah merupakan akibat dari tingginya laju proses desikasi, sehingga kulit buah menjadi kering dan keras akhirnya menjadi sulit dibelah (Qonytah, 2004).

Pada Gambar 1 terlihat bahwa kekerasan kulit yang tinggi terjadi pada perlakuan dengan suhu penyimpanan 13°C dan konsentrasi pelilinan 7,5 % sebesar 3,94 kg force sedangkan kekerasan kulit terendah pada perlakuan suhu 13°C dan konsentrasi lilin 4 % sebesar 1,37 kg force.



Gambar 1. Grafik perubahan kekerasan.

Grafik perubahan kekerasan pada Gambar 1 menunjukkan hubungan antara kekerasan dengan waktu penyimpanan. Selama waktu penyimpanan, kekerasan mengalami peningkatan. Hal ini dapat disebabkan karena buah selama penyimpanan mengalami proses penguapan air. Azhar (2004) melaporkan bahwa pengerasan kulit buah manggis selama penyimpanan disebabkan oleh dehidrasi yang tinggi dipermukaan kulit atau terjadi kerusakan jaringan kulit buah, sehingga terjadi desikasi. Keempukan kulit buah manggis dipengaruhi oleh besar rongga jaringan kulit buah.

Grafik peningkatan nilai kekerasan manggis antara perlakuan yang satu dengan perlakuan yang lainnya tidak memperlihatkan perbedaan yang nyata. Hal ini disebabkan karena kondisi buah memiliki tingkat kekerasan yang berbeda. Untuk pengukuran kekerasan buah, buah yang diukur dirusak sehingga setiap pengukuran adalah buah yang berbeda.

Kulit merupakan bagian terluar buah manggis yang langsung berhubungan dengan lingkungan penyimpanan. Pada kulit inilah terjadi pertukaran gas, kehilangan air, peresapan bahan kimia, tekanan suhu, kerusakan mekanik dan perubahan tekstural. Kehilangan air bukan hanya meningkatkan susut bobot, tapi juga menyebabkan penampakan buah jadi kurang menarik, tekstur jelek dan mutu menurun. Kehilangan air pada kulit manggis disebabkan oleh RH, suhu, pergerakan udara, tekanan atmosfer (Soesarsono, 1988).

Sihombing (2010) melaporkan bahwa perlakuan pemberian lapisan lilin pada buah manggis dan disimpan pada suhu dingin cenderung memiliki kulit yang lebih keras bila dibandingkan dengan buah manggis yang tidak diberi lapisan lilin dan disimpan pada suhu kamar (kontrol). Suhu penyimpanan dan konsentrasi pelilinan dapat dijadikan sebagai variabel bebas yang dapat digunakan untuk melihat responnya pada laju susut bobot dengan memakai Metode Respon Surface (MRS). MRS ini digunakan untuk melihat pengaruh dari suhu penyimpanan dan konsentrasi pelilinan terhadap responnya yaitu laju susut bobot. MRS dapat dianalisis dengan menggunakan model orde pertama dan model orde kedua.

Analisis Model Orde Pertama untuk Kekerasan Kulit

Analisis orde pertama dilakukan untuk mendapatkan suatu pendugaan yang cocok untuk fungsi yang sebenarnya antara y dan himpunan peubah bebasnya. Dua peubah bebas yang mempengaruhi hasil adalah suhu dan konsentrasi lilin. Analisis permukaan respon tahap pertama untuk respon kekerasan (Y) pada percobaan dengan model linear diperoleh persamaan model:

$$Y = -0,52 + 0,252X_1 + 0,088X_2$$

Dimana:

Y = kekerasan kulit

X_1 = suhu penyimpanan

X_2 = konsentrasi pelilinan

Pengaruh signifikansi variabel-variabel yang digunakan dapat diobservasi dari hasil pengolahan data percobaan. Analisis statistika untuk signifikansi pengaruh dari kedua variabel yaitu suhu penyimpanan (X_1) dan konsentrasi pelilinan (X_2) tercantum pada Tabel 3.

Tabel 3. Analisis Regresi Orde Pertama

Faktor	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	P > F
X ₁	3	0,109	0,036	0,64	0,627
X ₂	2	0,025	0,012	0,22	0,812

Berdasarkan hasil analisis statistika diatas, dapat diketahui bahwa suhu penyimpanan dan konsentrasi pelilinan tidak mempunyai pengaruh terhadap kekerasan kulit manggis karena nilai p untuk kedua variabel lebih besar dari 0,05 (tingkat α yang diinginkan).

Hasil perhitungan pengujian model orde pertama secara serentak ditampilkan pada Tabel 4 berikut ini:

Tabel 4. Anova Model Orde Pertama

Source	DF	SS	F Value	Pr > F
Regression	2	0,005	0,04	0,957
Error	4	0,228		
Total	6	0,333		

Hasil uji parameter regresi seperti yang terlihat pada Tabel 16 diatas menunjukkan p-value dari regresi lebih besar dari 0,05 yang berarti variabel Xi tidak mewakili model atau terima H₀. Hasil *uji lack of fit* model orde pertama diperoleh p-value = 0 atau kurang dari 0,05 (tingkat α yang diinginkan) sehingga dapat diambil keputusan untuk menolak H₀ yang berarti ada *lack of fit* atau ketidak sesuaian model.

Hasil uji parameter regresi secara serentak seperti yang terlihat pada Tabel 4 diatas menunjukkan p-value dari regresi lebih dari 0,05 yang berarti variabel Xi tidak mewakili model atau terima H₀ yang berarti semua variabel bebas Xi tidak berpengaruh terhadap respon secara linear, sedangkan uji parameter regresi secara individu juga menunjukkan bahwa p-value masing-masing variabel Xi lebih besar dari 0,05 yang berarti terima H₀ atau masing-masing variabel Xi tidak mempunyai sumbangan yang berarti terhadap terjadinya perubahan pada respon. Oleh karena model orde pertama tidak sesuai maka analisis dilanjutkan ke orde dua.

Berdasarkan nilai R² untuk persamaan ordo pertama relatif rendah (R² = 0,32) dan hasil uji *lack of fit* (ketidak sesuaian model) bersifat nyata maka hal ini menunjukkan model ordo pertama untuk kekerasan yang diperoleh tidak tepat digunakan untuk menduga respon sehingga perlu dilakukan analisis selanjutnya untuk pendugaan orde kedua pada model kuadratik.

Analisis Model Orde Kedua untuk Kekerasan Kulit

Data yang diolah dengan rancangan percobaan orde kedua dengan menggunakan *software* SAS 9.0, selanjutnya dianalisa untuk menentukan koefisien-koefisien pemodelan orde kedua dari persamaan:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_{11} X_1^2 + \beta_{22} X_2^2 + \beta_{12} X_1 X_2$$

Hasil perhitungan data ditunjukkan pada Tabel berikut ini

Tabel 5. Koefisien Regresi Orde Kedua

Prediktor	Coefficients	SE Coef	T	P
Constant	1,189	1,784	0,67	0,526
X ₁	0,122	0,152	0,81	0,445
X ₂	-0,116	0,321	-0,36	0,727
X ₁ *X ₂	-0,006	0,012	-0,50	0,633
X ₁ *X ₁	-0,003	0,004	-0,77	0,465
X ₂ *X ₂	0,014	0,018	0,77	0,466

Sehingga didapatkan persamaan:

$$Y = 1,189 + 0,122X_1 - 0,116X_2 - 0,006X_1X_2 - 0,003X_1^2 + 0,014X_2^2$$

Dimana:

Y= nilai taksiran untuk kekerasan

X_1 = nilai kode variabel suhu penyimpanan
 X_2 = nilai kode variabel konsentrasi pelilinan

Hasil uji *lack of fit* model orde kedua diperoleh p-value = 0,211 atau lebih dari α (0,05) sehingga tidak ada alasan untuk menolak H_0 yang berarti tidak ada *lack of fit* atau model orde kedua sudah sesuai dengan model yang diduga.

Nilai koefisien determinasi (R^2) untuk kekerasan sebesar 0,24. Persamaan regresi untuk kekerasan memiliki nilai yang rendah. Persamaan regresi hanya dapat menjelaskan sekitar 24 persen total variabel bebas yang dipelajari terhadap variabel tak bebas (respon). Hasil ini menunjukkan bahwa kerja kurang baik.

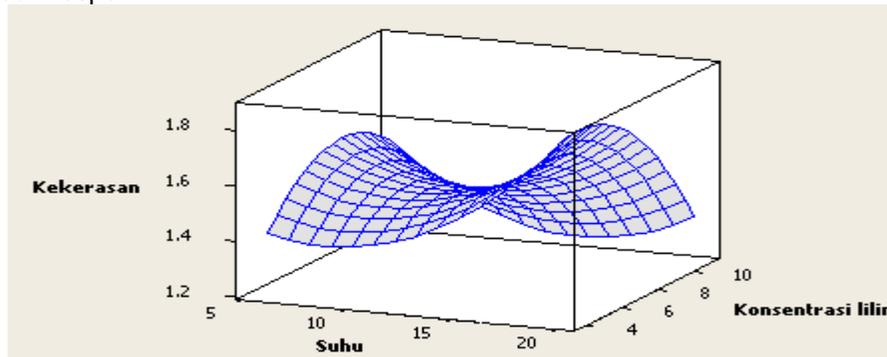
Hasil perhitungan pengujian model orde kedua secara serentak ditampilkan pada Tabel 6 berikut:

Tabel 6. Anova Model Orde Kedua

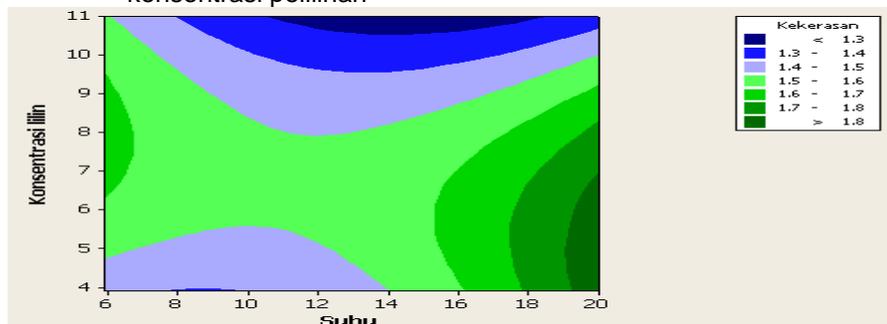
Source	DF	SS	F	P
Regression	5	0,208	0,46	0,794
Error	7	0,634		
Total	12	0,842		

Hasil uji parameter regresi secara serentak seperti yang terlihat pada Tabel 18 diatas yang menunjukkan p-value dari regresi lebih besar dari 0,05 yang berarti variabel X_i tidak mewakili model atau terima H_0 . Pada uji parameter regresi secara individu menunjukkan bahwa p-value masing-masing variabel X_i lebih besar dari 0,05. Hal ini menunjukkan bahwa semua variabel belum mempunyai pengaruh yang berarti terhadap terjadinya perubahan pada respon kekerasan.

Visualisasi permukaan respon dari data kekerasan kulit pada beberapa kondisi perlakuan yang menggunakan uji RSM dapat dilihat pada Gambar 18 dan 19. Gambar 18 dan 19 memperlihatkan pengaruh 2 variabel yaitu suhu dan pelilinan terhadap kekerasan kulit serta gambaran kontur dari permukaan respon.



Gambar 2. Permukaan tanggap kekerasan kulit dengan berbagai variasi suhu penyimpanan dan konsentrasi pelilinan



Gambar 3. Kontur kekerasan kulit dengan berbagai variasi suhu penyimpanan dan konsentrasi pelilinan
 Gambar 2 dan 3 menunjukkan bahwa kekerasan kulit manggis memperlihatkan bentuk sadel. Hal ini menunjukkan bahwa pada kombinasi pengaruh suhu penyimpanan dan konsentrasi pelilinan tidak mempunyai nilai maksimum dan minimum. Pada Gambar juga terlihat bahwa kekerasan kulit manggis akan mengalami peningkatan seiring dengan semakin meningkatnya suhu dan konsentrasi pelilinan

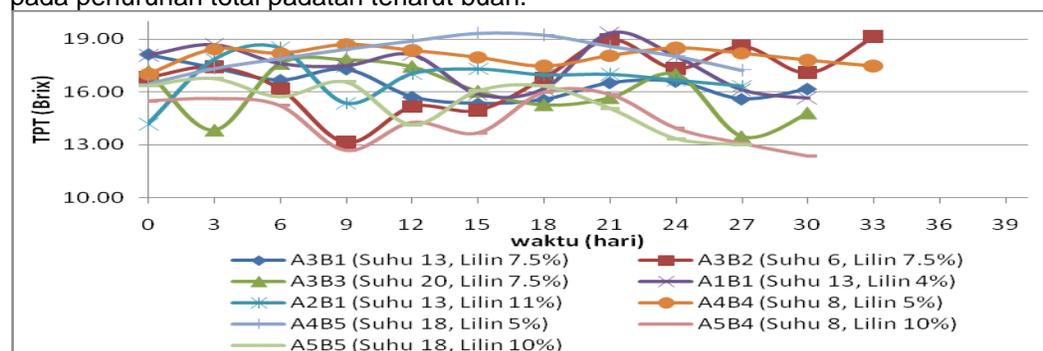
hingga pada suatu titik tertentu. Berdasarkan analisis kanonik untuk menentukan kondisi optimum respon yaitu laju kekerasan diketahui bahwa nilai kritis untuk suhu penyimpanan adalah 11°C dan konsentrasi pelilinan 6,5 %. Pada titik-titik tersebut nilai kekerasan diprediksi pada titik stasioner adalah sadel poin yaitu 1,52 kgf.

Riza (2004) menyatakan bahwa secara umum lama penyimpanan dan suhu penyimpanan sangat berpengaruh nyata terhadap kekerasan kulit buah manggis selama penyimpanan dan buah manggis yang berlapis lilin menunjukkan perbedaan yang nyata untuk suhu penyimpanan 5°C dan 13°C.

Total Padatan Terlarut

Buah yang masak akan mengalami perubahan rasa. Berubahnya rasa masam menjadi manis menunjukkan adanya pemasakan buah. Nilai total padatan terlarut dapat digunakan sebagai indikator tingkat kemanisan, karena gula merupakan komponen utama bahan padat yang terlarut (Santoso dan Purwoko, 1995). Menurut Matto et al (1986) gula yang terkandung dalam buah, baik yang bebas maupun yang terikat pada zat-zat lain merupakan komponen penting untuk mendapatkan flavor buah yang menyenangkan melalui perimbangan antara gula dan asam, warna yang menarik dan tekstur utuh.

Kandungan nilai TPT manggis selama penyimpanan mengalami perubahan agak fluktuatif, namun dari grafik pada Gambar 4 bisa dilihat nilai TPT manggis selama penyimpanan dari berbagai perlakuan tahapan penyimpanan trennya cenderung menurun. Semakin lama penyimpanan, komponen gula yang terurai akan semakin banyak sehingga total padatan terlarut akan semakin menurun. Pada Gambar 4 terlihat bahwa TPT yang tinggi terjadi pada perlakuan dengan suhu penyimpanan 8°C dan konsentrasi pelilinan 5 % sebesar 17,80°Brix sedangkan laju terendah pada perlakuan suhu 8°C dan konsentrasi lilin 10 % sebesar 12,33°Brix. Menurut Juanasri (2004) penghambatan peningkatan total padatan terlarut mengindikasikan bahwa proses perombakan pati di dalam buah terhambat. Hal ini berhubungan dengan penurunan laju respirasi buah tersebut. Kandungan total padatan terlarut berkaitan dengan pemecahan polimer, karbohidrat. Khususnya perubahan pati menjadi gula. Terhambatnya respirasi kemungkinan menyebabkan hanya sedikit pati yang dirubah menjadi gula dan berpengaruh pada penurunan total padatan terlarut buah.



Gambar 4. Grafik total padatan terlarut (°Brix)

Grafik total padatan terlarut pada Gambar 20 menunjukkan hubungan antara total padatan terlarut dengan waktu penyimpanan. Selama waktu penyimpanan, total padatan terlarut (TPT) mengalami penurunan. Hal ini dapat disebabkan karena daging buah selama penyimpanan mengalami proses perubahan kadar gula sederhana menjadi alkohol, aldehida dan asam amino. Pelilinan dan penyimpanan dalam suhu rendah diharapkan mampu memperlambat proses penuaan yang menyebabkan total padatan terlarut menurun. Suhu penyimpanan dan konsentrasi pelilinan dapat dijadikan sebagai variabel bebas yang dapat digunakan untuk melihat responnya pada total padatan terlarut dengan memakai Metode Respon Surface (MRS). MRS ini digunakan untuk melihat pengaruh dari suhu penyimpanan dan konsentrasi pelilinan terhadap responnya yaitu laju susut bobot. MRS dapat dianalisis dengan menggunakan model orde pertama dan model orde kedua.

Analisis Model Orde Pertama untuk Total Padatan Terlarut

Analisis orde pertama dilakukan untuk mendapatkan suatu pendugaan yang cocok untuk fungsi yang sebenarnya antara y dan himpunan peubah bebasnya. Dua peubah bebas yang mempengaruhi hasil adalah suhu dan konsentrasi lilin. Analisis permukaan respon tahap pertama untuk respon total padatan terlarut (Y) pada percobaan dengan model linear diperoleh persamaan model:

$$Y = 20,980 - 0,010X_1 - 0,612X_2$$

Pengaruh signifikansi variabel-variabel yang digunakan dapat diobservasi dari hasil pengolahan data percobaan. Analisis statistika untuk signifikansi pengaruh dari kedua variabel yaitu suhu penyimpanan (X_1) dan konsentrasi pelilinan (X_2) tercantum pada Tabel 7.

Tabel 7. Analisis Regresi Orde Pertama

Faktor	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	P > F
X_1	3	0,050	0,016	0,06	0,974
X_2	2	7,850	3,925	15,29	0,026

Berdasarkan hasil analisis statistika diatas, dapat diketahui bahwa konsentrasi pelilinan mempunyai pengaruh besar terhadap total padatan terlarut manggis karena nilai p lebih kecil dari 0,05 (tingkat α yang diinginkan) sedangkan suhu penyimpanan tidak berpengaruh. Hasil perhitungan pengujian model orde pertama secara serentak ditampilkan pada Tabel 20 berikut ini:

Tabel 8. Anova Model Orde Pertama

Source	DF	SS	F Value	Pr > F
Regression	2	7,880	15,35	0,026
Error	3	0,770		
Total	6	8,650		

Nilai uji *lack of fit* model orde pertama diperoleh p-value = 0 atau kurang dari 0,05 (tingkat α yang diinginkan) sehingga dapat diambil keputusan untuk menolak H_0 yang berarti ada *lack of fit* atau ketidaksesuaian model. Hasil uji parameter regresi secara serentak seperti yang terlihat pada Tabel 8 diatas yang menunjukkan p-value dari regresi kurang dari 0,05 yang berarti variabel X_i mewakili model. Berdasarkan nilai R^2 untuk persamaan ordo pertama relatif tinggi ($R^2 = 0,91$) tetapi hasil uji *lack of fit* (ketidaksesuaian model) bersifat nyata maka hal ini menunjukkan model ordo pertama untuk total padatan terlarut yang diperoleh tidak tepat digunakan untuk menduga respon sehingga perlu dilakukan analisis selanjutnya untuk pendugaan orde kedua pada model kuadrat.

Analisis Model Orde Kedua untuk Total Padatan Terlarut

Hasil perhitungan data dengan menggunakan software SAS untuk menentukan koefisien-koefisien pemodelan orde kedua untuk total padatan terlarut dapat dilihat pada Tabel 9 Koefisien Regresi Orde Kedua.

Tabel 9. Koefisien Regresi Orde Kedua

Prediktor	Coefficients	SE Coef	T	P
Constant	21,633	4,087	5,29	0,001
X_1	0,177	0,349	0,51	0,626
X_2	-1,281	0,731	-1,75	0,123
$X_1 * X_2$	0,004	0,027	0,14	0,89
$X_1 * X_1$	-0,008	0,010	-0,79	0,453
$X_2 * X_2$	0,058	0,042	1,40	0,204

Sehingga didapatkan persamaan:

$$Y = 21,633 + 1,77X_1 - 1,281X_2 + 0,004X_1X_2 - 0,008X_1^2 + 0,058X_2^2$$

Dimana:

Y = nilai taksiran untuk total padatan terlarut

X_1 = nilai kode variabel suhu penyimpanan

X_2 = nilai kode variabel konsentrasi pelilinan

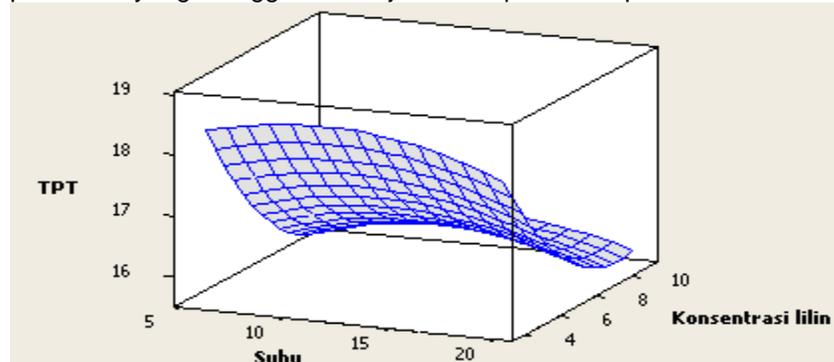
Hasil uji *lack of fit* model orde kedua diperoleh p-value = 0,099 atau lebih dari α (0,05) sehingga tidak ada alasan untuk menolak H_0 atau yang berarti tidak ada *lack of fit* atau model orde kedua sesuai dengan model yang diduga dan juga karena nilai R^2 untuk persamaan ordo kedua relatif tinggi ($R^2 = 0,69$) maka hasil uji *lack of fit* (ketidaksesuaian model) bersifat tidak nyata.

Hasil perhitungan pengujian model orde kedua secara serentak ditampilkan pada tabel berikut:

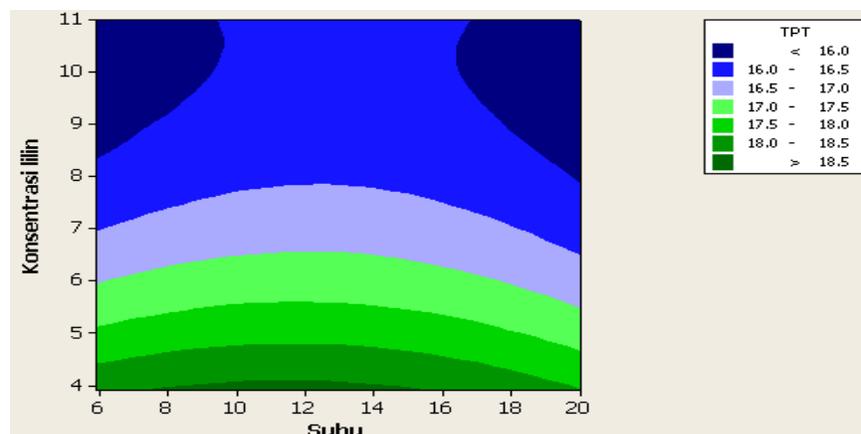
Tabel 10. Anova Model Orde Kedua

Source	DF	SS	F	P
Regression	5	7,648	3,15	0,083
Error	7	3,400		
Total	12	11,048		

Hasil uji parameter regresi secara serentak seperti yang terlihat pada Tabel 22 di atas yang menunjukkan p-value dari regresi sedikit lebih besar dari 0,05 yang berarti variabel Xi masih belum mewakili model. Visualisasi permukaan respon dari data total padatan terlarut pada beberapa kondisi perlakuan yang menggunakan uji RSM dapat dilihat pada Gambar 5 dan 6.



Gambar 5. Permukaan tanggap total padatan terlarut dengan berbagai variasi suhu penyimpanan dan konsentrasi pelilinan



Gambar 6. Kontur total padatan terlarut dengan berbagai variasi suhu penyimpanan dan konsentrasi pelilinan

Gambar 5 dan 6 menunjukkan bahwa total padatan terlarut memperlihatkan bentuk sadel. Hal ini menunjukkan bahwa pada kombinasi pengaruh suhu penyimpanan dan konsentrasi pelilinan tidak mempunyai nilai maksimum dan minimum. Berdasarkan analisis kanonik untuk menentukan kondisi optimum respon yaitu total padatan terlarut diketahui bahwa nilai kritis untuk suhu penyimpanan adalah 13°C dan konsentrasi pelilinan 10 %. Pada titik-titik tersebut nilai total padatan terlarut diprediksi pada titik stasioner adalah saddle point yaitu sebesar 16⁰Brix.

Pada Gambar 5 dan 6 menjelaskan pengaruh suhu dan konsentrasi pelilinan terhadap total padatan terlarut. Terlihat bahwa total padatan terlarut akan mengalami penurunan dengan semakin meningkatnya suhu dan konsentrasi pelilinan hingga pada suatu titik tertentu. Total padatan terlarut terendah diperoleh dengan penggunaan suhu penyimpanan 13°C dan konsentrasi pelilinan 10%. Mahmudah (2008) melaporkan bahwa perubahan laju respirasi dan kekerasan, tidak berpengaruh nyata antar perlakuan dengan suhu 5°C dan konsentrasi lilin 6%, namun perubahan TPT, susut bobot, warna dan hasil uji organoleptik memperlihatkan adanya pengaruh nyata pada perlakuan dengan umur simpan 40 hari.

Total padatan terlarut akan meningkat dengan cepat ketika buah mengalami pematangan dan akan terus menurun seiring dengan lamanya penyimpanan. Riza (2004) melaporkan bahwa pengaruh lama penyimpanan dan suhu penyimpanan berpengaruh sangat nyata terhadap total padatan

terlarut buah manggis selama penyimpanan. Kriteria utama dalam menentukan ketepatan model adalah bila uji simpangan dari model (*lack of fit*) bersifat tidak nyata secara statistik serta model dianggap tidak tepat apabila uji penyimpangan dari model (*lack of fit*) bersifat nyata secara statistik. Respon yang memenuhi kriteria utama adalah kekerasan dan total padatan terlarut dimana nilai *lack of fit* lebih dari 0,05, yang berarti model yang telah dibuat sesuai dengan data. Jika melihat koefisien determinasi (R^2) dari respon, maka respon total padatan terlarut yang memiliki nilai yang tinggi sehingga model dari total padatan terlarut yang dapat dijadikan sebagai model optimasi. Berdasarkan hal tersebut dapat dinyatakan bahwa optimasi suhu penyimpanan dan konsentrasi pelilinan menggunakan MRS, optimum pada suhu 13°C dan konsentrasi lilin 10 % dilihat dari respon total padatan terlarut dengan nilai 16°Brix.. Model persamaan yang didapat adalah :

$$Y = 21,633 + 1,77X_1 - 1,281X_2 + 0,004X_1X_2 - 0,008X_1^2 + 0,058X_2^2$$

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

1. Buah manggis yang digunakan dalam penelitian ini diberi perlakuan suhu dan pelilinan yang berbeda-beda sesuai dengan rancangan Metode Respon Surface. Adapun tahapan proses penyimpanannya dimulai dari pelilinan diikuti *stretc film single wrapping* kemudian dilanjutkan penyimpanan dingin dengan berbagai variasi suhu yang sesuai dengan rancangan MRS.
2. Respon dinyatakan dalam bentuk parameter mutu yang terdiri dari : laju respirasi, susut bobot buah, kekerasan kulit dan total padatan terlarut. Setelah melakukan pengamatan kurang lebih 30 hari maka hasil yang diperoleh diamati dan diolah dengan menggunakan software SAS 9.0 dan minitab 14.0 untuk menggambarkan bentuk permukaan respon.
3. Berdasarkan hasil optimasi diperoleh 5 model persamaan dari semua respon yang menunjukkan hasil optimum untuk laju produksi CO₂ pada suhu 13°C dan konsentrasi lilin 1,2 %, untuk laju konsumsi O₂ pada suhu 10°C dan konsentrasi lilin 9 %, untuk susut bobot pada suhu 4°C dan konsentrasi lilin 9,0%, untuk kekerasan pada suhu 11°C dan konsentrasi lilin 6,5 % dan untuk total padatan terlarut pada suhu 13°C dengan konsentrasi lilin 10 %. Pada eksperimen orde pertama, respon yang layak untuk dianalisis selanjutnya adalah total padatan terlarut dan kekerasan. Oleh karena model respon dari kekerasan pada orde kedua mempunyai nilai R^2 yang rendah maka model ini juga tidak layak untuk digunakan.
4. Selanjutnya respon dari total padatan terlarut yang menghasilkan uji *lack of fit* bersifat tidak nyata dalam eksperimen orde kedua. Persamaan MRS dari total padatan terlarut yang dapat menduga respon optimum. Valid atau tidaknya suatu persamaan MRS dapat diketahui dari nilai pengujian regresi R^2 sebesar 69.3% dan *Lack of fit* sebesar 0.093 dari data dimana nilai optimum untuk suhu 13°C dan konsentrasi lilin 10 % dengan total padatan terlarut 16°Brix serta menghasilkan plot surface berbentuk saddle poin. Model yang didapat adalah :

$$Y = 21,633 + 1,77X_1 - 1,281X_2 + 0,004X_1X_2 - 0,008X_1^2 + 0,058X_2^2$$

Saran

1. Disarankan untuk melakukan penelitian lanjutan tentang manggis ini dengan menggunakan nilai-nilai optimum yang diperoleh dari penelitian ini untuk kombinasi perlakuan suhu pendinginan 13°C dan konsentrasi pelilinan 10 % supaya diketahui validasi dari model yang dihasilkan.
2. Sebaiknya menggunakan 3 faktor supaya banyak informasi yang diperoleh.