

**KAJIAN SIFAT FISIK TANDAN BUAH SAWIT (TBS) HASIL PEREBUSAN DI PT
BIO NUSANTARA TEKNOLOGI BENGKULU*****STUDY OF PHYSICAL PROPERTIES OF STERILIZED FRESH FRUIT BUNCH
(FFB) AT PT BIO NUSANTARA TEKNOLOGI BENGKULU*****Pandu Imam^{1*}, Santosa², B. Isril², dan K. Anwar²**¹Mahasiswa S3 Pascasarjana Universitas Andalas, Padang²Pascasarjana Universitas Andalas Padang

Jl. Universitas Andalas, Kota Padang, Sumatera Barat, Indonesia

*E-mail: pisadib@unib.ac.id

ABSTRACT

The objectives of this research were: (1) to describe the profile of physical properties of sterilized FFB, (2) to find the model describing the performances of sterilization, and (3) to determine the right sterilization duration in respect to FFB ripening levels. This experiment was conducted in PT Bio Nusantara Teknologi Bengkulu by employing a horizontal type of sterilizer; done by following a completely randomized block design with the durations of sterilization as the blocks. Multiple linear regression analysis was applied to describe the effect of the free variables on the physical property of FFB representing indicators efficacy of conducted sterilization operation. Result of the research indicated that size of weight, level of fruit maturity and duration of sterilization had effects on physical properties of sterilized FFB. Model of prediction describing the effect were as follows: Y (Evaporation) = $5,18 - 0,042 X_1 - 0,012 X_2 + 0,082 X_3$; Y (Fruit lose, g) = $1629,96 + 8,14 X_1 - 3,22 X_2 - 10,22 X_3$; Y (Amount of kernel damaged) = $- 1,515 - 0,06 X_1 + 0,035 X_2 + 0,115 X_3$. The proper sterilization time for a small, unripe FFB was 95 minutes with score 3; for a small, ripe FFB was 95 minutes with score 3; for a small, over ripe FFB was 85 minutes with score 3. The appropriate sterilization duration for a big, unripe FFB was 105 minutes with score 3; for a big, ripe FFB was 105 minutes with score 3 and for big over ripe FFB was 85 minutes with score 3.

Keywords: *sterilization, model respon result, scoring quality, steaming*

ABSTRAK

Tujuan penelitian ini adalah (1) Menjelaskan sifat fisik hasil perebusan TBS sawit; (2) Menemukan model prediksi respon hasil perebusan TBS sawit; dan (3) Menentukan lama waktu rebus yang paling tepat bagi kondisi bahan baku (TBS) sawit. Penelitian ini dilakukan di PT Bio Nusantara Teknologi Bengkulu, dengan menggunakan sterilizer tipe horizontal. Metode penelitian yang digunakan adalah eksperimen yang langsung dilakukan di pabrik. Analisis regresi linear berganda digunakan untuk menganalisis data yang diperoleh, untuk menginvestigasi pengaruh variabel bebas terhadap variabel respon yang merupakan indikator keberhasilan operasi perebusan yang dilakukan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa variasi ukuran berat tandan, tingkat kematangan buah dan lama waktu rebus berpengaruh terhadap respon hasil perebusan yang diamati. Model prediksi atas respon perebusan yang ditemukan sebagai berikut: Y (Evaporasi, %) = $5,18 - 0,042 X_1 - 0,012 X_2 + 0,082 X_3$; Y (Buah hilang, g) = $1629,96 + 8,14 X_1 - 3,22 X_2 - 10,22 X_3$; Y (Jumlah kernel pecah, %) = $- 1,515 - 0,06 X_1 + 0,035 X_2 + 0,115 X_3$. Lama waktu rebus yang tepat untuk merebus TBS kecil mengkal adalah 95 menit dengan skor 3; TBS kecil matang adalah 95 menit dengan skor 3; TBS kecil lewat matang adalah 90 menit dengan skor 3. Lama waktu rebus yang tepat untuk TBS besar mengkal adalah 100 menit dengan skor 3; TBS besar matang adalah 105 menit dengan skor 3 dan untuk TBS besar lewat matang adalah 95 menit dengan skor 3.

Kata kunci: perebusan sawit, model respon hasil perebusan, skoring hasil rebusan

PENDAHULUAN

Usaha agroindustri perkebunan kelapa sawit tujuannya adalah untuk mendapatkan keuntungan dari penjualan minyak kelapa sawit (MKS) atau *Crude palm Oil (CPO)* dan inti sawit (kernel) yang merupakan hasil proses operasi bagian pabrik, setelah menerima dan mengolah tandan buah segar (TBS) sawit yang merupakan produksi bagian kebun.

Tahap pengolahan TBS sawit yang pertama di pabrik minyak kelapa sawit (PMKS) adalah perebusan yang dilakukan dalam bejana bertekanan (sterilizer) dengan menggunakan uap panas jenuh (*saturated steam*). Penggunaan uap panas jenuh memungkinkan terjadinya proses penguapan terhadap air yang ada di dalam buah sawit (Kamal, 2006), yang memang harus dikeluarkan (sebagian) agar memudahkan proses pengambilan minyak sawit yang ada di dalamnya (Naibaho, 1998). Operasi perebusan memberi andil sekitar 60 % dari keberhasilan operasi pengolahan TBS sawit di PMKS (Sawitindo, 2012 (2017)). Oleh karena pentingnya tahap perebusan, maka operasi perebusan sering dijadikan tolok ukur penyebab kerugian yang dialami perusahaan, jika didapati nilai rendemen minyak kelapa sawit dan kernel yang dihasilkan tidak maksimal dan mutunya rendah.

Penelitian mengenai perebusan TBS sawit yang telah dilakukan selama ini sudah cukup banyak. Supriyono dan Bayu (2008), melalui penelitiannya telah menemukan model simulasi berbasis komputer dengan metode Fuzzy, untuk mengoptimasi waktu memasak buah kelapa sawit pada stasiun perebusan. Hasil yang didapat menunjukkan adanya hubungan linear antara jumlah TBS sawit yang direbus dan tingkat tekanan steam yang diberikan dengan lama waktu perebusannya. Antara lain hasil yang

diperoleh, untuk jumlah TBS sawit yang direbus 5 ton dengan tekanan steam dua bar, waktu perebusan yang optimum 72 menit. Jika jumlah TBS yang direbus dinaikkan menjadi 10 ton maka waktu perebusan yang optimum adalah 108 menit. Sedangkan untuk jumlah TBS sawit 15 ton dengan pemberian tekanan steam tiga bar, maka waktu perebusan yang optimum adalah 148 menit.

Umudee *et al.* (2013) mencoba melakukan perebusan TBS sawit dengan teknik iradiasi gelombang micro, hasilnya menunjukkan bahwa panas yang diberikan dapat menaikkan suhu mesokarp hingga mencapai 50 ° C dan dapat menekan laju kenaikan ALB, serta buah bisa disimpan hingga 7 hari dari panen.

Maya (2013) telah mencoba memanfaatkan teknologi *microwave*, untuk memasak TBS sawit sebagai ganti proses perebusannya. Hasilnya menunjukkan bahwa dengan teknologi tersebut buah sawit masak dalam waktu kurang dari 17 menit.

Farhana dan Kamarulzaman (2009) melakukan percobaan perebusan TBS sawit dengan variasi tekanan (39, 40 dan 41 psig) dan masa rebus 80, 90 dan 100 menit), hasilnya menunjukkan bahwa pada perebusan dengan tekanan 41 psig dan masa rebus 90 menit, kehilangan minyak menurun.

Sitepu (2011) dalam penelitiannya menghitung kebutuhan *steam* untuk perebusan selama 90 menit, dan menyarankan penggunaan suhu perebusan maksimal 140°C dengan tekanan 3 atm, agar diperoleh kuantitas dan kualitas minyak kelapa sawit (MKS) seperti yang diharapkan.

Sari *et al.* (2014) telah melakukan penelitian dengan memanfaatkan teknologi *microwave* untuk memanaskan TBS sawit dengan hasil: (1) Pengolahan tandan buah segar (TBS) sawit menggunakan pemanasan dengan gelombang mikro (*microwave*) dapat

KAJIAN SIFAT FISIK TANDAN BUAH SAWIT (TBS)

dilakukan sebagai alternatif proses pengolahan TBS dengan sistem perebusan konvensional; (2) Besarnya panas (daya) dan lama waktu pemanasan mempengaruhi tingkat kemudahan proses perontokan buah sawit, jumlah bahan yang menguap, kadar asam lemak bebas (ALB), dan kadar air minyak sawit; (3) Tingkat kemudahan perontokan buah sawit dan jumlah bahan yang menguap berbanding lurus dengan besarnya daya dan waktu pemanasan yang diberikan, dan berbanding terbalik terhadap kadar ALB dan kadar air minyak.

Penelitian yang telah dilakukan oleh para peneliti tersebut, skala percobaannya masih pada level laboratorium, sehingga hasil yang didapat belum bisa langsung diterapkan di pabrik, melainkan harus ditingkatkan skala dimensional variabel-variabelnya lebih dahulu, agar tepat penerapannya. Padahal untuk kasus-kasus yang melibatkan unsur fisika, kimia dan biokimia didalamnya, belum tentu peningkatan skalanya linear, sehingga akurasi penerapan hasil penelitian tersebut belum tentu dapat sesuai seperti yang diharapkan.

Untuk mengatasi kelemahan atas penelitian - penelitian terdahulu mengenai perebusan TBS sawit, maka pada penelitian ini, ukuran besarnya objek yang diteliti berikut percobaannya dilaksanakan langsung di PMKS, sehingga hasil yang diperoleh diharapkan langsung bisa diterapkan.

Tujuan penelitian ini adalah (1) Mengetahui dan mempelajari pengaruh ukuran berat TBS, tingkat kematangan buah dan masa rebus, terhadap sifat fisik hasil rebusan, (2) Menemukan model prediksi respon sifat fisik hasil rebusan pada Sterilizer tipe horizontal untuk perebusan TBS sawit yang telah dipilah berdasarkan ukuran berat, tingkat kematangan buah dan masa rebusnya, (3) Menentukan masa rebus yang tepat bagi TBS sawit yang dipilah berdasarkan

ukuran berat TBS dan tingkat kematangan buahnya.

METODE PENELITIAN

Penelitian yang dilakukan menggunakan metode percobaan yang bertujuan untuk menjelaskan apa yang akan terjadi jika variabel tertentu (ukuran berat TBS, tingkat kematangan buah dan masa rebus) dikontrol secara tertentu dalam suatu percobaan (perebusan), sehingga melalui hipotesis yang dirumuskan, setelah hasil yang diperoleh dianalisis dapat dijelaskan hubungan sebab akibat diantara variabel yang diteliti (Santosa, 2012).

Bahan percobaan berupa tandan buah segar (TBS) sawit varietas Tenera dipilah atas dasar: (1) ukuran berat tandan (X_1) terdiri dari TBS kecil (rata-rata 7 kg) dan TBS besar (rata-rata 20 kg), dan (2) tingkat kematangan buah (X_2) terdiri dari mengkal (22,5 % buah luar membrondol), matang (37,5 % buah luar membrondol), lewat matang (75% buah luar membrondol) dan masa rebus (X_3) terdiri dari; 80, 90, 100, 110 dan 120 menit. Masing-masing masa rebus dengan perlakuan variasi ukuran berat TBS dan tingkat kematangan buahnya, diulang sebanyak 4 (empat) kali, sehingga ada $5 \times 4 = 20$ kali percobaan perebusan dengan $2 \times 3 \times 5 = 30$ macam perlakuan dan $30 \times 4 = 120$ unit percobaan. Berdasarkan perhitungan cara Slovin (Sarwono, 2013), jumlah sampel setiap kali merebus, diperlukan TBS sawit sebanyak 600 kg, sehingga total TBS sawit yang diperlukan adalah $600 \times 20 = 1.200$ kg atau 1,2 ton.

Peralatan yang diperlukan untuk pengamatan di pabrik meliputi: (1) Timbangan duduk digital kapasitas 100 kg dan 1 ton, (2) Timbangan duduk kapasitas 2 kg, (3) Mobil loader, (4) Ganco, (5) Karung goni, (6) Satu unit Sterilizer tipe horizontal, (7) Satu unit Panel Automatis System, untuk memprogram operasi sterilizer, (8) Satu

unit lori, (9) Satu unit mesin Capstand, (10) *Hoisting crane*, (11) Satu unit mesin *Thresher*; sedangkan peralatan yang diperlukan untuk pengamatan di laboratorium meliputi: (1) Spectrophotometer UV lengkap, (2) Timbangan analitik, (3) Hot Plate, (4) Labu ukur 25 ml, (5) Pipet ukur 2 ml, (6) Martil, (7) Alkohol 96 %, (8) Isooctane (2,2,4 trimethyl pentane), dan (9) n Hexan.

Tahapan Pelaksanaan Penelitian

1) Tahap Persiapan Bahan Percobaan

Pengumpulan bahan baku yang digunakan berupa TBS sawit varietas Tenera dengan ukuran kecil (rata-rata 7 kg) dan besar (rata-rata 20 kg), dengan tingkat kematangan buah; Mengkal, Matang dan Lewat Matang, diperoleh dari unit sortasi PT Bio Nusantara Teknologi Bengkulu, pada hari itu (saat percobaan dilaksanakan).

2) Tahap Penimbangan dan Pemasukan Sampel ke Sterilizer

Penimbangan terhadap semua sampel percobaan perlakuan variasi variabel bebas, dilakukan di unit Sortasi PT BNT Bengkulu.

3) Tahap Perebusan Sampel Percobaan

Semua sampel ditempatkan dalam lori khusus pengamatan, direbus di dalam sterilizer selama masa rebus yang ditetapkan, misalnya 80 menit, dengan suhu perebusan antara 120 -140 °C dan tekanan antara 2 – 3 kg/cm² (diatur oleh operator secara otomatis). Demikian juga yang dilakukan untuk masa rebus : 90, 100, 110 dan 120 menit. Masing-masing masa rebus dilakukan pengulangan sebanyak 4 (empat) kali, sehingga dilangsungkan 5x4 = 20 kali percobaan perebusan.

4) Tahap Pengukuran Respon Sifat Fisik di Pabrik

Setelah selesai direbus, sampel percobaan yang ada di lori dikeluarkan dengan cara menarik dengan Capstan, kemudian dengan *Hoisting Crane* dipindahkan ke *Mobil Loader* untuk

dipindahkan ke tempat pengamatan tandan buah rebus (TBR).

Sifat Fisik Hasil Rebusan yang Diamati

(1) Variabel Respon Evaporasi TBS sawit Besarnya evaporasi dihitung dengan

$$\text{Evaporasi} = \frac{G1 - (G2 - Gk)}{G1} \times 100 \% \dots\dots\dots 1$$

G1 = Berat TBS, G2 = Berat TBR ,
Gk = Berat Karung)

(2) Variabel Respon Jumlah Buah Hilang di Janjang Kosong

Penentuan banyaknya buah yang hilang dilakukan dengan cara mengambil buah yang masih menempel pada janjangan sawit setelah direbus di Sterilizer dan dirontok pada stasiun *Thresher*, yang dinyatakan dalam gram maupun persen

$$\text{Jumlah buah hilang} = \frac{G \text{ hilang}}{G \text{ TBS}} \times 100 \% \dots\dots\dots 2$$

(3) Variabel Respon Persentase Jumlah Kernel Pecah (%)

Persentase jumlah kernel pecah ditentukan dengan cara memecahkan biji sawit hasil perlakuan perebusan dengan martil (oleh laboran), yang nilainya merupakan perbandingan jumlah kernel pecah dengan jumlah biji yang dipecahkan.

$$\text{Jumlah kernel pecah} = \frac{\text{Jumlah kernel pecah}}{\text{jumlah sampel yang dipecah}} \dots\dots\dots 3$$

Analisis Data

(1) Regresi Linear Berganda

Tujuan analisis regresi adalah untuk mendapatkan nilai prediksi yang baik yaitu nilai prediksi yang bisa sedekat mungkin dengan nilai aktualnya (amatannya). Analisis regresi linear berganda digunakan untuk memprediksi nilai semua variabel respon hasil rebusan yang diamati. Penggunaan analisis regresi linear berganda untuk perhitungan dan pemenuhan syaratnya; (Autokorelasi, Heteroskedastisitas, Normalitas dan Multikolinearitas), uji keterandalan model prediksi dan uji koefisien regresi,

KAJIAN SIFAT FISIK TANDAN BUAH SAWIT (TBS)

dilakukan dengan bantuan perangkat lunak SPSS v.21 (Singih, 2013).

Model persamaan regresi linier berganda yang digunakan untuk memprediksi variabel respon sifat fisik hasil rebusan adalah:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 \dots\dots\dots 4$$

dengan Y = sifat fisik hasil rebusan, X₁ = ukuran berat TBS, X₂ = tingkat kematangan buah, dan X₃ = masa rebus

Model prediksi yang telah didapat, kemudian “dijalankan” untuk mengestimasi besarnya nilai respon sifat fisik yang dihasilkan pada semua perlakuan. Selanjutnya dengan membandingkan norma parameter sifat fisik yang ditetapkan perusahaan ataupun lembaga yang kompeten seperti SNI, PPKS dan Ditjenbun, dengan nilai-nilai respon hasil prediksi dari model persamaan yang diperoleh, ditentukan masa rebus yang paling tepat bagi kondisi bahan baku/ TBS sawit yang akan direbus.

(2) Kalkulasi Nilai Sifat Fisik Hasil

Selanjutnya disusun Tabel kalkulasi penilaian akhir, yang merupakan penjumlahan dari nilai - nilai semua variabel respon. Jumlah nilai paling tinggi yang didapat dari kalkulasi tersebut, merupakan masa rebus yang paling tepat bagi bahan baku (TBS) sawit yang akan direbus. Dengan demikian tingkat kepastian penetapan masa rebus yang paling baik bagi kondisi bahan baku tertentu (TBS kecil mengkal, TBS besar lewat matang dan sebagainya), dapat lebih terjamin, bukan hanya berdasarkan perkiraan sebagaimana yang saat ini (pada umumnya) dilakukan di perusahaan pengolahan kelapa sawit.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Respon Evaporasi TBS

Model (persamaan) regresi linear berganda yang telah diestimasi dan handal

/ layak untuk respon Evaporasi TBS adalah sebagai berikut:

$$Y = 5,183 - 0,042X_1 - 0,012 X_2 + 0,082 X_3 \dots\dots\dots 1$$

Hasil simulasi penerapan model untuk respon evaporasi disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Simulasi penggunaan model prediksi untuk respon evaporasi

Perlakuan	X1	X2	X3	Y (%)
KM	7	22,5	80	11,18
KT	7	37,5	80	10,99
KL	7	75,0	80	10,55
KM	7	22,5	90	11,99
KT	7	37,5	90	11,82
KL	7	75,0	90	11,37
KM	7	22,5	100	12,82
KT	7	37,5	100	12,64
KL	7	75,0	100	12,18
KM	7	22,5	110	13,64
KT	7	37,5	110	13,46
KL	7	75,0	110	13,00
KM	7	22,5	120	14,46
KT	7	37,5	120	14,27
KL	7	75,0	120	13,82
BM	20	22,5	80	10,63
BT	20	37,5	80	10,45
BL	20	75,0	80	10,00
BM	20	22,5	90	11,45
BT	20	37,5	90	11,27
BL	20	75,0	90	10,82
BM	20	22,5	100	12,27
BT	20	37,5	100	12,09
BL	20	75,0	100	11,64
BM	20	22,5	110	13,09
BT	20	37,5	110	12,91
BL	20	75,0	110	12,46
BM	20	22,5	120	13,91
BT	20	37,5	120	13,73
BL	20	75,0	120	13,28

Tampak pada Tabel 1, nilai evaporasi terendah adalah 10,00 % yang dialami oleh perlakuan BL 80 dan tertinggi 14,46% dialami oleh perlakuan KM 120. Hal ini disebabkan karena pada TBS ukuran besar, uap jenuh panas (*steam*) tidak dapat secara maksimal merasuk ke dalam lapisan buah yang paling dalam, sehingga tidak semua butir buah mengalami pemanasan secara maksimal oleh steam yang dapat menguapkan sebagian kandungan air di dalamnya. Akibatnya operasi perebusan yang

dikenakan pada TBS sawit ukuran besar hanya mampu menguapkan (evaporasi) sedikit kandungan air pada bahan. Berbeda halnya yang terjadi pada TBS sawit ukuran kecil, uap jenuh panas (*steam*) yang di alirkan kepadanya dapat merasuk hingga ke lapisan buah bagian terdalam, sehingga secara konduksi panas tersebut mampu menguapkan sebagian kandungan air pada setiap butir buah yang direbus. Akibatnya nilai evaporasi pada TBS sawit ukuran kecil, menjadi lebih besar.

Pada Tabel 1 juga tampak bahwa semakin tinggi tingkat kematangan buahnya (mangkal, matang, lewat matang), semakin menurun nilai evaporasinya. Hal ini terjadi karena pada TBS sawit yang mangkal, kandungan air awalnya lebih tinggi dibandingkan dengan TBS sawit lewat matang (disini kandungan minyaknya sudah maksimal). Oleh karena itu jika steam dialirkan kepada ke dua jenis TBS sawit, terhadap TBS sawit yang mangkal akan diuapkan sejumlah air yang dikandungnya lebih tinggi dibandingkan dengan pada TBS sawit lewat matang.

Respon Persentase Jumlah Buah Hilang

Model (persamaan) regresi linear berganda yang telah diestimasi dan handal/ layak untuk respon Jumlah Buah Hilang adalah sebagai berikut :

$$Y = 1629,962 + 8,140 X_1 - 3,223 X_2 - 10,223 X_3 \dots\dots 2$$

Hasil simulasi penerapan model prediksi untuk respon jumlah buah hilang, disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Simulasi penggunaan model prediksi untuk respon jumlah buah hilang

Perla kuan	X1	X2	X3	Y (gr)	Y (%)
KM	7	22,5	80	796,58	0,79
KT	7	37,5	80	748,24	0,75
KL	7	75,0	80	627,38	0,63
KM	7	22,5	90	694,35	0,69

KT	7	37,5	90	646,00	0,64
KL	7	75,0	90	525,15	0,52
KM	7	22,5	100	592,12	0,59
KT	7	37,5	100	543,77	0,54
KL	7	75,0	100	422,91	0,42
KM	7	22,5	110	489,89	0,48
KT	7	37,5	110	442,51	0,44
KL	7	75,0	110	320,68	0,32
KM	7	22,5	120	387,66	0,38
KT	7	37,5	120	339,31	0,33
KL	7	75,0	120	218,45	0,21
BM	20	22,5	80	902,4	0,90
BT	20	37,5	80	854,05	0,85
BL	20	75,0	80	733,19	0,73
BM	20	22,5	90	800,17	0,80
BT	20	37,5	90	751,82	0,75
BL	20	75,0	90	630,96	0,63
BM	20	22,5	100	697,94	0,69
BT	20	37,5	100	649,59	0,64
BL	20	75,0	100	528,73	0,52
BM	20	22,5	110	595,71	0,59
BT	20	37,5	110	547,36	0,54
BL	20	75,0	110	426,50	0,42
BM	20	22,5	120	493,48	0,49
BT	20	37,5	120	445,13	0,44
BL	20	75,0	120	423,27	0,32

Tampak pada Tabel 2, nilai persentase jumlah buah hilang tertinggi dialami oleh perlakuan BM 120, yakni sebanyak 902,40 gr atau 0,90%, sedangkan yang terendah dialami perlakuan KL 120, yakni sebanyak 218,45 gr atau 0,21%. Hal ini dapat terjadi karena pada TBS besar dan mangkal, kekuatan lekat butir buah terhadap janjangnya masih sangat kuat, dan steam yang dialirkan kepadanya tidak mampu mencapai tumpuan ikatan antara pangkal buah dengan janjangnya pada lapisan buah yang terdalam. Akibatnya proses hidrolisa yang memungkinkan melemahkan kekuatan lekat pangkal buah dengan janjangnya (karena larutnya zat pektin) tidak terjadi, sehingga buah masih menempel pada janjangnya. Berbeda halnya pada TBS sawit yang berukuran kecil, steam yang dialirkan padanya dapat menjangkau seluruh bagian hingga lapisan buah yang terdalam, sehingga proses pelarutan zat pektin yang berada pada tumpuan buah pada janjangnya menjadi lemah, akibatnya buah membrondol

KAJIAN SIFAT FISIK TANDAN BUAH SAWIT (TBS)

dengan mudah, seperti membrondol alami yang terjadi pada buah lewat masak di pohon.

Pada umumnya perusahaan menetapkan batas maksimal jumlah buah hilang di janjangan sebesar antara 0,6-1,20% (Naibaho,1998), sehingga berdasarkan hasil simulasi Tabel 2, hanya ada 17 macam perlakuan yang memenuhi syarat ini, selebihnya mempunyai nilai > 0,6 %. Kerugian yang diderita perusahaan karena tingginya jumlah buah hilang karena tidak terontok (> 6%, ikut terbuang bersama janjang kosong), cukup tinggi. Sebagai gambaran, pada perlakuan KL 80, jumlah buah hilang sebesar 0,63 %, artinya adalah, terjadi kehilangan kernel sebesar 0,63 % x 60.000 (kg/jam) x 9 (kali/ hari) x (80 menit /kali) x 15 % (asumsi kehilangan kernel) = 680,40 kg/hari. Kalau harga kernel saat ini adalah Rp 9.150,-, maka berarti ada kehilangan pendapat dari kernel sebesar 680,40 kg x Rp 9.150 = Rp 6.225.660,- per hari. Diasumsikan 25 hari kerja dalam sebulan, maka akan ada 25 x Rp.6.225.660,- = Rp 155.641.500,- per bulan. Kehilangan minyak yang terjadi sebesar 0,63 % x 60.000 (kg/jam) x 9 (kali/hari) x 80 (menit/kali) x 20 % (asumsi rendemen minyak) = 907,20 kg/hari. Harga CPO saat ini Rp 9.059,-, sehingga ada kehilangan pendapatan dari CPO sebesar 907,20 kg/hari x Rp 9.059,- = Rp 8.218.324,- per hari. Dalam satu bulan menjadi 25 x Rp 8.218.324,- = Rp 205.458.100,-. Total kehilangan pendapatan per bulan karena buah hilang tidak terontok sebanyak 0,63 % menjadi (Rp 155.641.500,- + Rp 205.458.100,-) = Rp 361.099.600,-. Berdasarkan perhitungan ini , maka pendapat yang memperkenankan batas maksimal buah hilang antara 0,6 – 1,2 % perlu ditinjau kembali dan sebaiknya ditekan hingga maksimal 0,21 % (seperti perlakuan KL120) agar kehilangan pendapatan dari buah yang hilang terikut ke janjang kosong (karena kegagalan operasi

perebusan dan perontokan) dapat ditekan serendah mungkin.

Respon Persen Jumlah Kernel Pecah

Model (persamaan) regresi linear berganda yang telah diestimasi dan handal/ layak untuk respon jumlah kernel pecah adalah sebagai berikut :

$$Y = -1,515 - 0,060X_1 + 0,035X_2 + 0,115 X_3 \dots\dots\dots 3$$

Hasil simulasi penerapan model untuk respon jumlah kernel pecah disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Simulasi penerapan model prediksi respon jumlah kernel pecah

Perla- kuan	X1	X2	X3	Y (%)
KM80	7	22,5	80	8,05
KT80	7	37,5	80	8,57
KL80	7	75,0	80	9,80
KM90	7	22,5	90	9,20
KT90	7	37,5	90	9,73
KL90	7	75,0	90	11,04
KM100	7	22,5	100	10,35
KT100	7	37,5	100	10,87
KL100	7	75,0	100	12,19
KM110	7	22,5	110	11,50
KT110	7	37,5	110	12,03
KL110	7	75,0	110	13,34
KM120	7	22,5	120	12,65
KT120	7	37,5	120	13,18
KL120	7	75,0	120	14,49
BM80	20	22,5	80	7,27
BT80	20	37,5	80	7,79
BL80	20	75,0	80	9,11
BM90	20	22,5	90	8,42
BT90	20	37,5	90	8,91
BL90	20	75,0	90	10,26
BM100	20	22,5	100	9,57
BT100	20	37,5	100	10,09
BL100	20	75,0	100	11,41
BM110	20	22,5	110	10,72
BT110	20	37,5	110	11,25
BL110	20	75,0	110	12,56
BM120	20	22,5	120	11,87
BT120	20	37,5	120	12,39
BL120	20	75,0	120	13,71

Berdasarkan Tabel 3, nampak bahwa persentase jumlah kernel pecah yang tertinggi terjadi pada perlakuan KL 120,

yakni sebesar 14,49 %, sedangkan yang terendah terjadi pada perlakuan BM 80, yakni sebesar 7,27 %. Hal ini terjadi karena penerapan suhu yang tinggi (> 100°C) dalam waktu yang lama (> 100 menit) pada operasi perebusan, menyebabkan meningkatnya reaksi antar molekul didalam kernel, sehingga kernel menjadi rapuh. Akibatnya jika kernel yang rapuh tersebut dikenai benturan (misalnya pukulan ringan dengan martil) akan menjadi pecah. Pada TBS ukuran kecil , proses perpindahan panas secara konduksi dapat berlangsung keseluruh bagian buah hingga lapisan terdalam, lebih lancar dibandingkan dengan pada TBS berukuran besar. Sehingga pada suhu, tekanan dan masa rebus yang sama, jumlah kernel pecah pada TBS ukuran berat kecil, lebih tinggi dibandingkan dengan TBS dengan ukuran berat yang besar. Pada tingkat kematangan buah yang semakin meningkat (mangkal, matang , lewat matang), pada perebusan dengan suhu, tekanan dan masa rebus yang sama, jumlah kernel pecah semakin menurun. Norma besarnya jumlah kernel pecah di pabrik, pada umumnya ditetapkan sebesar 12 – 15% (Ditjenbun, 1997), yang diukur ketika kernel sudah berada di silo penyimpanan, sedangkan norma jumlah kernel pecah ketika keluar dari sterilizer, belum ada peneliti yang melaporkannya. Padahal sudah diketahui bahwa kernel pecah merupakan media yang baik bagi berkembangnya mikro organisme yang dapat merusak kernel sehingga menurunkan harga jualnya (Siregar, 2002), oleh sebab itu, kontrol terhadap banyaknya kernel pecah di stasiun sebelum penyimpanan perlu diketahui, agar penenaan panas melalui steam yang menyebabkan tingginya jumlah kernel pecah dapat ditekan.

Kalkulasi Nilai Sifat Fisik Hasil Rebusan

Hasil kalkulasi norma dan nilai yang paling tinggi dari sifat fisik hasil rebusan, disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Kalkulasi nilai sifat fisik hasil rebusan untuk penetapan masa

Perlakuan	Evaporasi TBS (%)	Jumlah Buah Hilang (%)	Jumlah Kernel Pecah (%)	Jumlah Nilai
KM80	11,18	0,79	8,05	2
KT80	10,99	0,75	8,57	2
KL80	10,55	0,63	9,80	2
KM90	11,99	0,69	9,2	2
KT90	11,82	0,64	9,73	2
KL90	11,37	0,52	11,00	3
KM100	12,82	0,59	10,35	3
KT100	12,64	0,54	10,87	3
KL100	12,18	0,42	12,19	2
KM110	13,64	0,48	11,50	1
KT110	13,46	0,44	12,03	1
KL110	13,00	0,32	13,34	1
KM120	14,46	0,38	12,65	1
KT120	14,27	0,33	13,18	1
KL120	13,82	0,21	14,49	1
BM80	10,63	0,90	7,27	2
BT80	10,45	0,85	7,79	2
BL80	10,00	0,73	9,11	2
BM90	11,45	0,80	8,42	2
BT90	11,27	0,75	8,91	2
BL90	10,82	0,63	10,26	2
BM100	12,27	0,60	9,57	3
BT100	12,09	0,64	10,09	2
BL100	11,64	0,52	11,41	2
BM110	13,00	0,59	10,72	3
BT110	12,91	0,54	11,25	2
BL110	12,46	0,42	12,56	2
BM120	13,91	0,49	11,87	2
BT120	13,73	0,44	12,39	1
BL120	13,28	0,32	13,71	1

Keterangan kode perlakuan: K = Kecil, B = Besar, M = Mangkal, T = Matang, L = Lewat matang, dan 85; 95; 105; 115; 120 adalah lama waktu perebusan

Kriteria penilaian :

Unsur yang dinilai	Batas yang ditetapkan	Skore Nilai
1.Evaporasi	<= 13 % ¹	1
2.Jumlah Buah Hilang	<= 0,6 % ²	1
3.Jumlah Kernel Pecah	<= 11 % ³	1
Jumlah nilai	Maksimal 3, sesuai jumlah unsur dinilai	

Keterangan : ¹ = Norma PT BNT, ² = Norma Ditjenbun, ³ = Norma Naibaho

Berdasarkan Tabel 4, dan kriteria penilaian yang ditetapkan, maka dapat direkomendasikan lamanya waktu rebus yang tepat untuk perebusan TBS sawit dengan kondisi bahan baku yang merupakan variasi ukuran berat TBS, dan tingkat kematangan buah menggunakan

KAJIAN SIFAT FISIK TANDAN BUAH SAWIT (TBS)

Sterilizer tipe horizontal dengan metode 3 (tiga) puncak (*triple peak*) adalah sebagai berikut:

1. Untuk TBS ukuran berat kecil, mengkal (KM) adalah 100 menit. Nilai sifat fisik hasil rebusan yang akan diperoleh adalah: Evaporasi 12,82 %; Buah hilang 0,59 %; Jumlah kernel pecah 10,35 %. Jumlah nilai 3 point (maksimal).
2. Untuk TBS ukuran berat kecil, matang (KT) adalah 100 menit. Nilaisifat fisik hasil rebusan yang akan diperoleh adalah: Evaporasi 12,64 %; Buah hilang 0,54 %; Jumlah kernel pecah 10,87 %. Jumlah nilai 3 point (maksimal).
3. Untuk TBS ukuran berat kecil, lewat matang (KL) adalah 90 menit. Nilaisifat fisik hasil rebusan yang akan diperoleh adalah: Evaporasi 11,37 %; Buah hilang 0,52 %; Jumlah kernel pecah 11,0 %. Jumlah nilai 3 point (maksimal)
4. Untuk TBS ukuran berat besar, mengkal (BM) adalah 100 menit. Nilaisifat fisik hasil rebusan yang akan diperoleh adalah: Evaporasi 12,27 %; Buah hilang 0,60 %; Jumlah kernel pecah 9,57 %. Jumlah nilai 3 point (maksimal).
5. Untuk TBS ukuran berat besar, matang (BT) adalah 110 menit. Nilaisifat fisik hasil rebusan yang akan diperoleh adalah: Evaporasi 12,91 %; Buah hilang 0,54 %; Jumlah kernel pecah 11,25 %. Jumlah nilai 2 point (minus 1, maksimal).
6. Untuk TBS ukuran berat besar, lewat matang (BL) adalah 110 menit. Nilaisifat fisik hasil rebusan yang akan diperoleh adalah : Evaporasi 11,64 % ; Buah hilang 0,52 %. Jumlah kernel pecah 11,41 %. Jumlah nilai 2 point (minus 1, maksimal).

Untuk penerapan model prediksi dengan lama waktu rebus yang tidak dilakukan dalam penelitian, dalam hal ini

ditetapkan masa rebus: 85, 95, 105, 115 dan 120 menit, hasilnya disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Kalkulasi penilaian sifat fisik hasil rebusan untuk penetapan masa rebus prediksi

Perlakuan	Evaporasi TBS (%)	Jumlah Buah Hilang (%)	Jumlah Kernel Pecah (%)	Jumlah Nilai
KM85	11,59	0,69	8,63	2
KT85	11,4	0,69	9,15	2
KL85	10,96	0,57	10,46	3
KM95	12,4	0,6	9,77	3
KT95	12,22	0,59	10,3	3
KL95	11,77	0,47	11,61	2
KM105	13,22	0,54	10,92	2
KT105	13	0,49	11,45	1
KL105	12,59	0,37	12,76	1
KM115	14,05	0,43	12,07	1
KT115	13,87	0,39	12,6	1
KL115	13,42	0,26	13,91	1
KM120	14,46	0,38	12,65	1
KT120	14,27	0,33	13,18	1
KL120	13,82	0,21	14,49	1
BM85	11,04	0,85	7,85	2
BT85	10,86	0,8	8,37	2
BL85	10,41	0,6	9,68	3
BM95	11,86	0,75	8,99	2
BT95	11,68	0,7	9,52	2
BL95	11,23	0,57	10,83	3
BM105	12,68	0,54	10,15	3
BT105	12,5	0,59	10,67	3
BL105	12,05	0,47	11,98	3
BM115	13,5	0,54	13,69	1
BT115	13,32	0,49	11,82	1
BL115	12,87	0,37	13,13	2
BM120	13,91	0,49	11,87	1
BT120	13,73	0,44	12,39	1
BL120	13,28	0,32	13,71	1

Keterangan :

K = Kecil, B = Besar, M = Mengkal, T = Matang, L = Lewat matang, dan 85; 95; 105; 115; 120 adalah lama waktu perebusan

Berdasarkan Tabel 5, dan kriteria penilaian yang ditetapkan, maka dapat direkomendasikan lamanya waktu rebus yang tepat untuk perebusan TBS sawit dengan kondisi bahan baku yang merupakan kombinasi ukuran berat TBS, dan tingkat kematangan buah menggunakan sterilizer tipe horizontal dengan metode 3 (tiga) puncak (*triple peak*) prediksi, adalah sebagai berikut:

1. Untuk TBS ukuran berat kecil, mengkal (KM) adalah 95 menit. Nilaisifat fisik hasil rebusan yang akan diperoleh adalah: Evaporasi 12,40%; Buah hilang 0,60%; Jumlah kernel pecah 9,77 %. Jumlah nilai 3 point (maksimal).
2. Untuk TBS ukuran berat kecil, matang (KT) adalah 95 menit. Nilaisifat fisik hasil rebusan yang akan diperoleh adalah: Evaporasi 12,22 %; Buah hilang 0,59 %; Jumlah kernel pecah 10,30 %. jumlah nilai 3 point (maksimal).
3. Untuk TBS ukuran berat kecil, lewat matang (KL) adalah 85 menit. Nilaisifat fisik hasil rebusan yang akan diperoleh adalah : Evaporasi 10,96 %; Buah hilang 0,57 %; Jumlah kernel pecah 10,46 %. Jumlah nilai 3 point (maksimal).
4. Untuk TBS ukuran berat besar, mengkal (BM) adalah 105 menit. Nilai sifat fisik hasil rebusan yang akan diperoleh adalah: Evaporasi 12,68 %; Buah hilang 0,54 %; Jumlah kernel pecah 10,15 %. Jumlah nilai 3 point (maksimal).
5. Untuk TBS ukuran berat besar, matang (BT) adalah 105 menit. Nilai sifat fisik hasil rebusan yang akan diperoleh adalah: Evaporasi 12,50 %; Buah hilang 0,59 %; Jumlah kernel pecah 10,67 %. Jumlah nilai 3 point (maksimal).
6. Untuk TBS ukuran berat besar, lewat matang (BL) adalah 85 menit. Nilaisifat fisik hasil rebusan yang akan diperoleh adalah: Evaporasi 10,41 %; Buah hilang 0,60 %; Jumlah kernel pecah 9,68 %. Jumlah nilai 3 point (maksimal).

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Perlakuan variasi ukuran berat tandan, tingkat kematangan buah, dan masa

rebus TBS berpengaruh terhadap sifat fisik hasil rebusan. Pada perlakuan yang dilaksanakan dalam percobaan, perlakuan yang paling mendekati norma sifat fisik hasil rebusan adalah:

- a) Untuk TBS ukuran berat kecil, mengkal, lama waktu rebus 100 menit dengan Evaporasi 12,82 % ; Persentase buah hilang 0,59 % dan Jumlah kernel pecah 10,35 %.
- b) Untuk TBS ukuran berat kecil, matang, lama waktu rebus 100 menit dengan Evaporasi 12,64 % ; Persentase buah hilang 0,54 %; dan Jumlah kernel pecah 10,87 %.
- c) Untuk TBS ukuran berat kecil, lewat matang, lama waktu rebus 90 menit dengan Evaporasi 11,37 %; Persentase buah hilang 0,52 % dan Jumlah kernel pecah 11,0 %.
- d) Untuk TBS ukuran berat besar, mengkal, lama waktu rebus 100 menit dengan Evaporasi 12,27 %; Persentase buah hilang 0,60 % dan Jumlah kernel pecah 9,57 %.
- e) Untuk TBS ukuran berat besar, matang, lama waktu rebus 110 menit dengan Evaporasi 12,91 % ; Persentase buah hilang 0,54 % dan Jumlah kernel pecah 11,25 %.
- f) Untuk TBS ukuran berat besar, lewat matang, lama waktu rebus 100 menit dengan Evaporasi 11,64 %; Persentase buah hilang 0,52 % dan Jumlah kernel pecah 11,41 %.

Pada perlakuan yang tidak dilakukan dalam percobaan (prediksi), perlakuan yang paling mendekati norma sifat fisik hasil rebusan adalah :

- a) Untuk TBS ukuran berat kecil, mengkal, lama waktu rebus 95 menit dengan Evaporasi 12,40 %; Persentase buah hilang 0,60 % dan Jumlah kernel pecah 9,77 %.
- b) Untuk TBS ukuran berat kecil, matang, lama waktu rebus 95 menit dengan Evaporasi 12,22 %; Persentase buah hilang 0,59 % dan Jumlah kernel pecah 10,30 %.

KAJIAN SIFAT FISIK TANDAN BUAH SAWIT (TBS)

- c) Untuk TBS ukuran berat kecil, lewat matang, lama waktu rebus 85 menit dengan Evaporasi 10,96 %; Persentase buah hilang 0,57 % dan Jumlah kernel pecah 10,46 %.
- d) Untuk TBS ukuran berat besar, mengkal, lama waktu rebus 105 menit dengan Evaporasi 12,68 %; Persentase buah hilang 0,54 % dan Jumlah kernel pecah 10,15 %.
- e) Untuk TBS ukuran berat besar, matang, lama waktu rebus 105 menit dengan Evaporasi 12,50 %; Persentase buah hilang 0,59 % dan Jumlah kernel pecah 10,67 %.
- f) Untuk TBS ukuran berat besar, lewat matang, lama waktu rebus 95 menit dengan Evaporasi 11,23 %; Persentase buah hilang 0,57 % dan Jumlah kernel pecah 10,83 %.
2. Model persamaan prediksi untuk respon sifat fisik hasil rebusan yang telah didapatkan adalah sebagai berikut :
- a. Evaporasi TBS (%), $Y = 5,183 - 0,042 X_1 - 0,012 X_2 + 0,082 X_3$
- b. Jumlah Buah Hilang (g), $Y = 1629,962 + 8,14 X_1 - 3,223 X_2 - 10,223 X_3$
Jumlah Buah Hilang (%), $Y = (1629,962 + 8,14 X_1 - 3,223 X_2 - 10,223 X_3) / 1000$
- c. Jumlah Kernal Pecah (%), $Y = -1,515 - 0,060 X_1 + 0,035 X_2 + 0,115 X_3$
3. Berdasar hasil kalkulasi penilaian terhadap sifat fisik hasil rebusan, masa rebus yang paling tepat bagi kondisi bahan baku (TBS) yang akan direbus sehingga didapat jumlah nilai maksimum, adalah sebagai berikut :
- a. Untuk TBS ukuran berat kecil, mengkal, lama waktu rebus yang tepat adalah 95 menit.
- b. Untuk TBS ukuran berat kecil, matang, lama waktu rebus yang tepat adalah 95 menit.
- c. Untuk TBS ukuran berat kecil, lewat matang, lama waktu rebus yang tepat adalah 85 menit.
- d. Untuk TBS ukuran berat besar, mengkal, lama waktu rebus yang tepat adalah 105 menit.
- e. Untuk TBS ukuran berat besar, matang, lama waktu rebus yang tepat adalah 105 menit.
- f. Untuk TBS ukuran berat besar, lewat matang, lama waktu rebus yang tepat adalah 85 menit.

DAFTAR PUSTAKA

- Ditjen Perkebunan-Kementrian Pertanian RI. 2012. Pembangunan Pabrik Kelapa Sawit untuk Meningkatkan Produksi CPO, URL: <http://www.ditjenbun@deptan.go.id>
- Farhana, Tg. and Kamarulzaman. 2009. Optimization condition for palm oil fruit sterilization process. Faculty of Chemical & Natural Resource Engineering, Universiti Malaysia Pahang.
- Kamal, M. 2006. The Study of Heat Penetration in Palm Oil Fruitlets By Developing a New Technique for Measuring Oil Content in Fruitlet During Sterilization Process.
- Maya, S. 2013. Microwave Sterilization of Oil Palm Fruits: Effect of Power, Temperature and D-value on Oil Qualit. Journal of Medical and Bioengineering Vol. 2, No. 3, September.
- Naibaho, P.M. 1998. Teknologi Pengolahan Kelapa Sawit. PPKS. Medan.
- Santosa. 2012. Buku Ajar Metodologi Penelitian. PT Penerbit IPB Press. Bogor.
- Sarwono, J. 2013. 12 Jurus Ampuh SPSS untuk Riset Skripsi. Penerbit Elexmedia Komputindo Kompas Gramedia Jakarta.
- Sari, F. D., M. Furqon, dan Alhamra. 2014. Pengolahan Tandan Buah

- Segar Sawit Menggunakan Teknologi Gelombang Mikro, Alternatif Pengganti Proses Perebusan. Balai Riset dan Standardisasi Industri Medan. Sawitindo. 2017. <http://sawitindonesia.com/sajian-utama/pt-festo-indonesia-sistem-otomasi-sterilization/> diunduh 12-7-2017
- Singgih, S. 2013. Menguasai SPSS 21 di Era Informasi. PT. ELEK Media Komputindo. Jakarta.
- Sitepu, T. 2011. Analisa Kebutuhan Uap Pada Sterilizer Pabrik Kelapa Sawit Dengan Lama Perebusan 90 Menit. Jurnal Dinamis, Volume.II, No.8, Januari.
- Supriyono dan A. Bayu. 2008. Model Simulasi untuk Optimasi Penentuan Waktu Memasak Buah Kelapa Sawit dengan Logika Fuzzy. Seminar Nasional IV SDM Teknologi Nuklir Yogyakarta, 25-26 Agustus .ISSN 1978-0176
- Umudee, M., M. Chongcheawchamnan, Kiatweerasakul, and C. Tongurai. 2013. Sterilization of Oil Palm Fresh Fruit Using Microwave Technique. International Journal of Chemical Engineering and Applications, Vol. 4, No. 3.