

RANCANG BANGUN MESIN PASTEURISASI *PUREE*

Astu Unadi¹, Setyadjit², Ermi Sukasih²

Balai Besar Pengembangan Mekanisasi Pertanian,¹
dan Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Pascapanen Pertanian²

ABSTRAK

Proses pasteurisasi berpereanaan penting dalam memperpanjang umur simpan produk. Peralatan pasteurisasi yang ada di pasaran saat ini masih berukuran besar dengan harga yang mahal. Alat pasteurisasi sederhana untuk skala rumah tangga namun menghasilkan mutu *puree*/sari buah yang baik sangat dibutuhkan. Pasteuriser yang telah didesain ini (tipe Pt 1) telah digunakan untuk memproduksi *puree* oleh CV. PU, sebuah UKM di Cirebon. Kinerja pasteuriser ini cukup baik untuk buah mangga, jeruk nipis, strawberry, dan sirsak. Sedangkan jambu biji masih menyebabkan kemacetan pada pompanya.

Kata kunci : pasteuriser, *puree*, buah, kualitas

ABSTRACT

Pasteurization plays an important role in determining the quality and shelf-life of fruit puree. Pasteurization device has been available in the market but normally big scale and expensive. A device suite for small scale business has been designed and tried in the field (CV. PU). The device has been reported worked well on fruits such as mangoes, soursop, strawberry and lime. However it still did not meet the expectation on guava.

Keywords: pasteurizer, *puree*, fruit, quality

PENDAHULUAN

Indonesia memiliki potensi hasil hortikultura yang cukup berlimpah, sehingga peluang untuk ekspor baik produk segar maupun olahannya masih besar. Salah satu produk olahan hortikultura yang mempunyai peluang ekspor baik adalah sari buah atau *puree* mangga. Ekspor *puree* mangga selama periode 1995 dan 1999 meningkat dari 40.222 kg menjadi 76.353 kg (BPS 2000). *Puree* mangga mempunyai nilai tambah yang tinggi, yaitu dapat mencapai 1700% (Setyadjit et.al. 2003). Hal tersebut akan mempunyai prospek yang baik dalam meningkatkan pendapatan pelaku agribisnis mangga khususnya industri pengolahan *puree*/sari buah dan petani mangga.

Daya simpan, rasa dan aroma merupakan salah satu syarat mutu produk. Salah satu proses yang sangat menentukan daya simpan dan mutu *puree* adalah pasteurisasi dan pengemasannya. Pasteurisasi pada suhu dan waktu yang tidak tepat akan menyebabkan kerusakan zat gizi yang dikandungnya dan pertumbuhan mikroorganisme terutama bakteri, kapang dan khamir yang akan menyebabkan perubahan rasa dan warna.

Pengolahan sari buah mangga telah dilakukan oleh beberapa industri pengolahan. Khususnya untuk skala kecil dan menengah, persyaratan tersebut masih sulit dipenuhi mengingat proses pengolahannya masih sangat sederhana antara lain dengan perebusan. Dengan sistem ini akan menyebabkan suhu yang tidak dapat dikontrol dengan baik dan terjadinya kerak pada dasar alat perebusnya bila digunakan panci yang dipanasi dengan kompor. Untuk mengatasi hal tersebut perlu dicarikan alternatif mesin pasteurisasi yang lebih baik. Tulisan ini bertujuan untuk merancang mesin pasteurisasi *puree* atau sari buah skala industri kecil dan rumah tangga, agar mutu *puree*/sari buah yang dihasilkan lebih baik dan berdaya simpan lebih lama.

Efek proses panas terhadap sari buah

Proses panas akan mematikan mikroorganisme jika tetapi bila berlebihan akan merusak kandungan gizi, pitokimia dan antioksidan dari sari buah serta mempengaruhi parameter mutu sari buah seperti daya simpan, rasa dan warna. Vitamin C mudah rusak dalam proses panas. Sebaliknya, beberapa enzim yang ada dalam buah seperti enzim esterase merupakan enzim yang mempunyai ketahanan panas tinggi. Untuk itu proses panas seperti pasteurisasi harus dioptimalkan dan parameter suhu serta waktu dapat dikontrol dan diatur sehingga dapat membunuh mikroorganisme tanpa harus merusak kandungan gizinya.

Ketahanan mikroba terhadap panas

Pasteurisasi merupakan upaya untuk memperpanjang umur simpan bahan pangan yang tergolong asam dengan $pH < 4,5$ melalui proses pemanasan pada suhu dibawah $100^{\circ}C$ untuk membunuh mikroorganisme seperti khamir dan kapang serta menginaktivasi enzim yang terdapat dalam bahan pangan (Fellow 1992). Keberhasilan proses pasteurisasi adalah terpenuhinya kecukupan energi panas untuk menginaktivasi mikroorganisme yang menyebabkan kerusakan dan racun pada produk (Holdsworth 1977). Kombinasi suhu dan waktu yang tepat perlu diketahui untuk menentukan proses panas agar proses pasteurisasi berhasil dilakukan dengan baik. Faktor penting dan harus diperhatikan untuk menjamin tercapainya sterilisasi komersial adalah pH makanan dan besarnya nilai panas. Ketahanan panas mikroorganisme (D) dapat dinyatakan dengan waktu yang diperlukan untuk membinasakan organisme atau spora pada suhu tertentu. Sedangkan nilai z suatu mikroorganisme atau spora adalah selang suhu terjadinya penambahan atau pengurangan sepuluh kali lipat dalam waktu yang dibutuhkan baik untuk menurunkan sampai 90% atau peminasaan seluruhnya (Helman dan Singh 2001).

Sel vegetatif bakteri, kapang dan khamir pada umumnya memiliki nilai D berkisar antara 0,5 sampai 3 Menit pada suhu $65^{\circ}C$, sedangkan nilai z bakteri, kapang dan khamir berkisar antara 5 sampai $8^{\circ}C$, tetapi untuk bakteri pembentuk spora nilai z berkisar 6 sampai $16^{\circ}C$ dan biasanya $10^{\circ}C$ (Garbutt 1997).

Perhitungan kecukupan panas

Kemampuan sterilisasi dari proses pemanasan bergantung pada karakteristik nilai z mikroorganisme dan suhu sterilisasi. Nilai sterilisasi (P dalam menit) adalah dasar penentuan matematika untuk kecukupan proses panas. Nilai ini dapat dihitung dengan persamaan:

$$F = \int L_r dt \quad (1)$$

Dimana:

$$L_r = \int 10^{(T_r - T)^{1/z}} \quad (2)$$

Nilai pasturisasi (P) dapat dihitung dengan integral kekuatan membunuh antara waktu dan suhu (Tucker *et al* 2003) sebagai berikut:

$$P = \int_0^t 10^{\frac{T(t) - T_{ref}}{z}} dt \quad (3)$$

Dinamakan:

$T_{(t)}$: Suhu produk($^{\circ}C$)
T_{ref}	: Suhu referensi pada nilai D_T
z	: Faktor kinetik

Nilai pasteurisasi juga dapat dihitung dengan:

$$P = D_T \log \left(\frac{N_{awal}}{N_{akhir}} \right) \quad (4)$$

Dimana:

N_{awal} = jumlah mikroba dalam produk sebelum dipasteurisasi (CPU/ml)

N_{akhir} = jumlah mikroba dalam produk setelah dipasteurisasi (CPU/ml)

D_T = (decimal reduction time) waktu untuk mengurangi jumlah mikroba dengan factor 10 (menit).

Untuk sari buah-buahan berasam tinggi, target nilai P adalah 5 menit pada suhu 85°C ($T_{ref} = 85^\circ\text{C}$ dengan nilai z adalah 10°C).

Kebutuhan energi thermal untuk pasteurisasi

Energi thermal diperlukan dalam proses panas seperti pasteurisasi. Besarnya energi thermal yang diperlukan tergantung dari tiga parameter utama yaitu jumlah produk yang di pasteurisasikan, panas jenis dan suhu produk. Oleh karena proses pasteurisasi pada umumnya berlangsung pada suhu dibawah 100°C, maka tekanan atmosfer cukup memadai dalam proses pasteurisasi. Besarnya energi thermal (energi panas) untuk proses pasteurisasi dapat dihitung dengan persamaan sbb:

$$Q_p = m.c_p.(T_i - T_f) \quad (5)$$

Dimana :

Q_p : energi thermal yang dibutuhkan (J)

m : masa produk yang dipanaskan (kg)

C_p : panas spesifik produk pada tekanan tetap ($\text{J kg}^{-1} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$)

T_i : suhu awal produk makanan ($^\circ\text{C}$)

T_f : suhu akhir atau suhu referensi (T_{ref}) dari produk yang di pasteurisasi ($^\circ\text{C}$)

Untuk produk berbentuk cairan seperti sari buah atau *puree*, kadar airnya pada umumnya lebih besar dari 80% sedangkan sisanya adalah jumlah padatannya sehingga nilai panas spesifiknya mendekati panas spesifik air. Beberapa peneliti mengusulkan persamaan untuk menghitung C_p (Siebel's 1982; Dickerson 1969; Charm 1978 dan Heldman and Singh 1988), untuk produk berbentuk cairan atau bubur, nilainya berkisar antara 3,60 sampai 3,68 $\text{kJ kg}^{-1} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$. Untuk keperluan perhitungan kebutuhan kalor, nilai C_p dapat dihitung dengan persamaan (Dickerson 1969) yang mempertimbangkan kadar air produk (Mc) yang dinyatakan dalam % sbb:

$$C_p = 1,675 + 0,025.Mc \quad (6)$$

Perpindahan Kalor Dalam Pasteurisasi

Dalam proses panas seperti pasteurisasi, energi thermal atau kalor dari sumber panas harus dibawa dan dipindahkan ke produk melalui media pembawa kalor atau langsung ke alat pasteurisasi. Sumber kalor dapat berasal dari pembakaran bahan bakar, listrik atau dari uap sedangkan media pembawa panas dapat berupa uap itu sendiri atau air. Secara umum jumlah kalor yang dipindahkan dari media pembawa panas ke permukaan alat dapat dihitung dengan persamaan :

$$q = hA(T_{\infty} - T_s) \quad (7)$$

Dimana:

- Q : kalor yang dipindahkan dari media pemanas ke permukaan penukar kalor ($J s^{-1}$)
 H : koefisien perpindahan kalor secara konveksi dari media pembawa kalor ke permukaan penukar kalor ($J s^{-1} m^{-2}$)
 T_{∞} : Suhu media pemanas
 T_s : Suhu permukaan penukar kalor

Salah satu parameter dari proses pasteurisasi adalah waktu pemanasan dari produk pada suhu referensi (T_{ref}) dan waktu yang diperlukan untuk menaikkan suhu produk dari suhu awal ke suhu referensi. Waktu untuk pemanasan mencapai suhu referensi ini sangat dipengaruhi oleh desain dari alat penukar kalornya, perbedaan suhu media pembawa kalor dan dinding pipa. Pasteurisasi yang banyak digunakan oleh industri pengolah sari buah skala kecil atau rumah tangga adalah dengan pemanasan dalam suatu bejana atau perebusan, diperlukan waktu pemanasan yang lama terlebih apabila ukuran bejana semakin besar oleh karena permukaan pindah kalor dari media pemanas ke dasar bejana relatif kecil dibandingkan dengan jumlah produk yang dipanaskan. Waktu pemanasan produk sampai suhu referensi dapat dikurangi apabila luas permukaan penukar kalor diperlebar. Hal ini dapat dilakukan dengan menggunakan alat penukar kalor.

Salah satu tipe penukar kalor yang mudah dibuat dan mempunyai efisiensi yang cukup baik adalah penukar kalor dengan seberkas pipa horisontal dimana sari buah dialirkan kedalam pipa-pipa tersebut selama proses pasteurisasi. Untuk memanaskan sari buah pipa-pipa tersebut direndam ke dalam media pembawa kalor seperti air panas atau uap. Dengan menggunakan pipa-pipa penukar kalor, area untuk memindahkan kalor dari media ke produk lebih luas sehingga akan memperbesar kapasitas dan mempercepat perpindahan kalor dari media pemanas ke produk.

Bila suhu media pembawa kalor dipertahankan tetap yaitu dengan pemanasan dan pengontrolan suhu, maka dapat diasumsikan bahwa flux kalor ke pipa tetap. Untuk menghitung perpindahan kalor dapat digunakan persamaan perpindahan kalor dari media pembawa kalor keadaan steady. Pindah kalor dari media ke alat penukar kalor dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$q = UA\Delta T \quad (8)$$

U adalah koefisien perpindahan kalor menyeluruh dari penukar kalor. Untuk dinding rata dan pipa, koefisien perpindahan kalor menyeluruh dapat dihitung dengan persamaan:

Untuk dinding rata:

$$U = \frac{1}{\frac{1}{h_o} + \frac{L}{k} + \frac{1}{h_i}} \quad (9)$$

Untuk silinder/pipa:

$$U_o = \frac{1}{\frac{r_o}{r_i h_i} + \frac{\left[r_o \ln \left(\frac{r_o}{r_i} \right) \right]}{k} + \frac{1}{h_o}} \quad (10)$$

Dimana

h_i = koefisien perpindahan kalor dari produk yang dipanaskan ke permukaan pipa bagian dalam.

h_o = koefisien perpindahan kalor dari media pembawa kalor ke permukaan pipa bagian terluar ($W/m^2 K$)

r_o = Radius pipa bagian luar (m)

r_i = Radius pipa bagian dalam (m)

Untuk aliran fluida dalam pipa dimana fluks kalor seragam atau beda suhu dinding konstant, Pitt dan Sissom 1987 memberikan persamaan empiris untuk menghitung koefisien pindah panas konveksi (h) sebagai berikut:

$$Nu_{D_\infty} = \frac{h_\infty D}{k} = 4.364 \quad (11)$$

Koefisien perpindahan kalor rata-rata untuk berkas tabung dengan fluks kalor konstan dihitung sbb:

Untuk konveksi alamiah dengan fluks kalor konstan

$$Nu_u = \frac{hD}{k} = F_1(Pr) \left(\frac{Gr_L}{4} \right)^{\frac{1}{4}} \quad (12)$$

dengan bilangan Grasoff (Gr) dihitung dengan persamaan (13) sedangkan angka Prandtl (Pr), viskositas dinamik air (ν) dan difusifitas thermalnya (α) tersedia dalam Tabel B3 sifat-sifat zat cair (Pitt dan Sissom, 1987).

$$Gr = \frac{g\beta(T_s - T_\infty)L^3}{\nu^2} \quad (13)$$

$F_1(Pr)$ diberikan dalam Tabel 8.1 (Pitt and Sissom)

Tabel 1. Nilai bilangan Prandtl dan konstanta $F_1(Pr)$ pada aliran konveksi alamiah dengan fluks kalor tetap (Pitt and Sissom 1987)

Variabel	Nilai								
Pr	0,01	0,72	0,733	1,0	2,0	10,0	100,0	1000,0	
$F_1(Pr)$	0,0812	0,5046	0,5080	0,5671	0,7165	1,1694	2,191	3,966	

Untuk *puree* sirsak, viskositas dinamik atau kekentalan (μ) dapat dihitung dengan persamaan (14) Setyadjit dkk, 1992:

$$\mu = 0.128 \exp\left(\frac{388.53}{T} - 0.00756t\right) \quad (14)$$

BAHAN DAN METODE

Metodologi Perancangan

Metodologi perancangan aslin pasteurisasi dimulai dengan pengenalan kebutuhan, perumusan masalah, sintesa, analisa dan optimasi yang dilanjutkan dengan evaluasi dan pengujian. Dalam perancangan ini didekati dengan digunakan data-data hasil penelitian dan beberapa parameter diasumsikan mendekati parameter yang sesuai untuk *puree* mangga. Beberapa data enjiniring diambil dari katalog dan literatur. Bagian yang dianggap tidak kritis dalam rancangan ini tidak di analisa.

Pengujian dilakukan dengan bahan *puree* mangga Indramayu yang di proses dengan mesin pulper. *Puree* mangga ditambah gula sampai 20 brix dan diaduk dalam

tangki pencampur yang berfungsi juga sebagai hopper, dipompa masuk kedalam pasteuriser dan hasil pasteurisasi dimasukkan ke dalam botol-botol plastik transparan standard untuk *puree*/minuman dengan volume masing-masing 2 liter. Pengukuran kapasitas dilakukan dengan variasi suhu yaitu 90°, 85° dan 80°C dan waktu pasteurisasi dengan suhu berbeda dan kompor diatur pada bukaan maksimum.

Rancangan Mesin Pasteurisasi

Agar teknologi berupa alat dan mesin khususnya pasteuriser yang dirancang benar-benar memberikan manfaat, maka rancangan teknologi tersebut harus benar-benar sesuai dengan kebutuhan. Dalam perancangan mesin, tidak ada hasil rancangan yang sempurna dan berlaku seterusnya. Rancangan yang sekarang dianggap paling baik akan menjadi buruk apabila kondisi dan kebutuhan mesin yang telah dirancang berubah. Sebagai contoh: suatu mesin pengering buah yang baik dan ekonomis telah dirancang dengan menggunakan bahan bakar gas karena pembakaran gas bersih dan harga gas yang murah. Namun dengan naiknya harga bahan bakar, harga gas LPG menjadi 3,5 kali harga minyak tanah. Dalam kondisi seperti ini maka rancangan mesin pengering tersebut sekarang menjadi tidak optimum dan mahal, sehingga ada masalah baru untuk merubah desain tungku dan penukar kalornya.

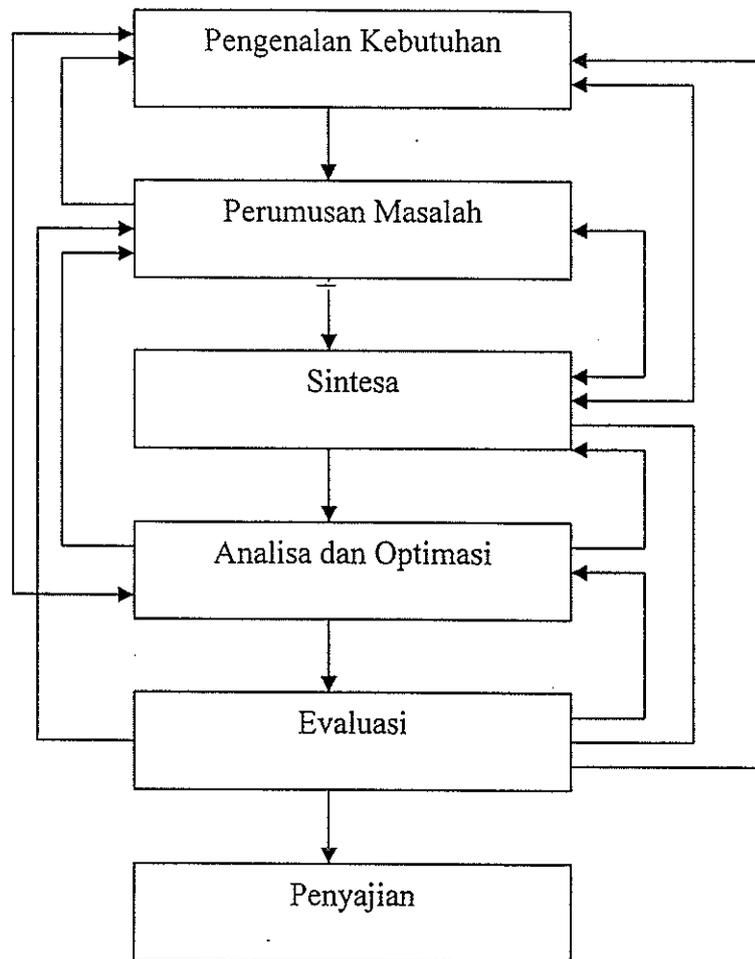
Sigley dan Mitchel (1982) mengusulkan prosedur perancangan produk yang dapat diterapkan dalam perancangan alat pasteurisasi. Tahap perancangan ini dimulai dari pengenalan kebutuhan sampai penyajian yang dapat berupa tulisan, gambar desain atau prototipe alat atau mesin pasteurisasi seperti terlihat dalam gambar 1. Dalam perancangan mesin, diperlukan proses iterasi sampai dicapai hasil yang dianggap optimum.

Pengenalan kebutuhan dan perumusan masalah

Pada tahap awal perancangan industri pengolahan sari buah atau *puree*, telah diketahui tahapan prosesnya yaitu sortasi buah, pencucian buah, pemotongan/pengupasan, pembuburan, penyaringan, pencampuran (*mixing/blending*), pasteurisasi dan pengemasan. Untuk memproduksi *puree*, diperlukan peralatan atau mesin pada setiap proses di atas. Dalam tulisan ini, tidak semua mesin dalam rangkaian proses akan dibahas, namun hanya difokuskan pada masalah pasteurisasi. Pada tahap pengenalan kebutuhan, alat pasteurisasi jelas diperlukan.

Berbagai cara pasteurisasi dan alat/mesinnya telah digunakan dalam industri sari buah. Masalah yang timbul adalah apakah mesin pasteurisasi telah memenuhi keinginan industri kecil dan menengah untuk memproduksi sari buah atau *puree* dan memenuhi persyaratan mutu serta produksi yang cukup untuk memenuhi kebutuhan konsumen. Disamping itu, kapasitas mesin pasteurisasi juga harus sesuai dengan jumlah produksi buah-buahan yang dihasilkan oleh petani/kelompok tani di sekitar lokasi atau yang dapat dipasok dari daerah lain. Dengan pertimbangan produksi buah dan pasar sari buah telah ada, maka secara kuantitatif masalah dapat dirumuskan sebagai berikut:

Kapasitas	= 50 kg/jam
Proses pasteurisasi	= Kontinyu atau semi kontinyu
Suhu pasteurisasi	= 85°C dan dapat dikontrol dengan baik
Waktu pasteurisasi	= Nilai pasteurisasi (P) yaitu 5 menit.

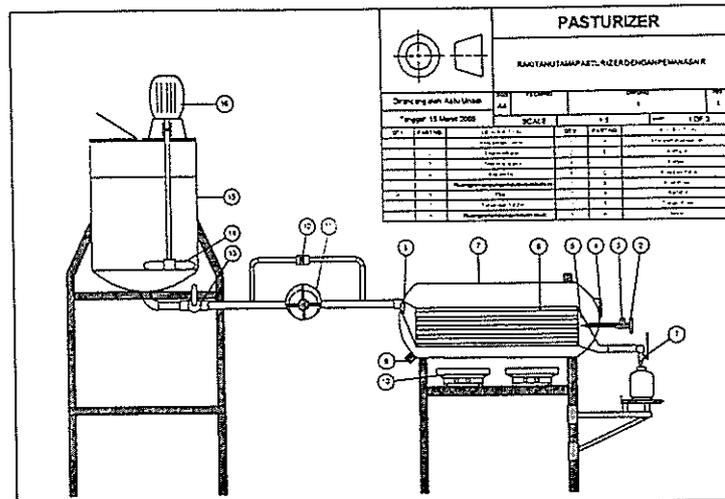


Gambar 1. Proses perancangan mesin pasteurisasi

Persyaratan lainnya antara lain:

- Produk dicampur dengan bahan tambah antara lain gula, asam sitrat, vitamin C atau dicampur dengan produk lain misalnya sari buah mangga dengan jeruk dan di “blending” sebelum diproses dalam mesin pasteurisasi.
- Produk dapat mengalir dari tangki pencampur ke mesin pasteurisasi dengan baik pada berbagai viskositas.

Untuk keperluan tersebut ditentukan jenis mesin pasteurisasi adalah mesin pasteurisasi dengan seberkas pipa-pipa penukar kalor untuk mengalirkan produk/sari buah. Untuk memanaskan sari buah, berkas pipa-pipa tersebut direndam kedalam air panas didalam bejana horizontal dimana bejana tersebut dipanaskan dengan kompor yang dapat diatur suhunya secara otomatis. Berkas pipa-pipa yang berisi produk tersebut dihubungkan dalam suatu ruang pembagi (ruang dingin) dan ruang pengumpul (ruang panas) secara tertutup. Ruangan dingin dihubungkan ke tangki pencampur (*mixing tank*) melalui pipa. Sebuah pompa sari buah yang dilengkapi dengan sistem aliran balik untuk menurunkan tekanan didalam pipa-pipa penukar kalor dipasang pada pipa tersebut. Pada ujung ruang pengumpul (ruang panas) dihubungkan ke katup pengeluaran seperti terlihat pada gambar 2.



Gambar 2. Rakitan utama mesin pasteurisasi

Analisa Rancangan

Dari gambar 2, dihitung parameter desain kritis yaitu: dimensi mesin pasteurisasi dan energi (kalor) yang diperlukan.

Dimensi penukar kalor

Penentuan dimensi penukar kalor dari mesin pasteurisasi dimulai dari volume sari buah yang akan dipasteurisasi yaitu 50 liter per jam atau 1,67 liter/menit. Bahan pipa penukar kalor yang dipilih adalah pipa *stainless steel food grade* dengan diameter 0,5 inci schedule 40 atau diameter luar 23 mm dan diameter dalam 20mm.

Dengan kapasitas 50 l/jam dan waktu pasteurisasi 5 menit, panjang pipa penukar kalor akan menentukan jumlah pipa. Dengan pertimbangan keterbatasan ruang, diasumsikan panjang pipa (L) adalah 0,65 m. Dengan menggunakan persamaan (15) kecepatan aliran sari buah (V) dalam pipa adalah 0,13 (m s⁻¹).

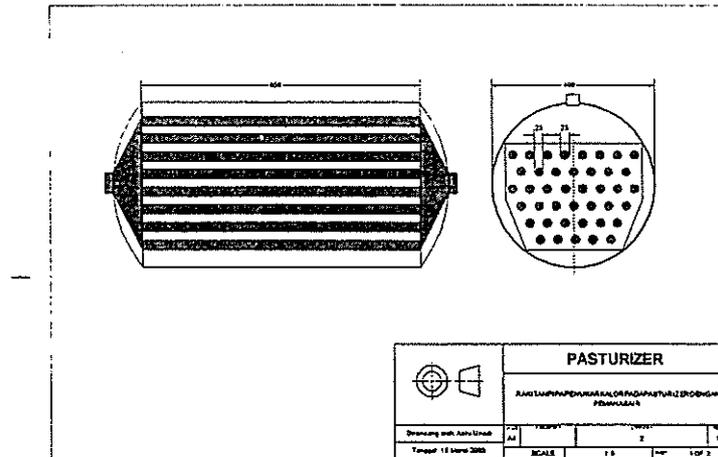
$$V_{\max} = \frac{L}{P} \quad (15)$$

Bila diasumsikan densitas *puree* (ρ) adalah 1000 kg m⁻³. maka dengan persamaan (15) diperoleh $\mu = 0,4567 \text{ N s/m}^2$ sehingga nilai Reynold (Re) = 0,095 dimana aliran *puree* dalam pipa ini adalah laminar.

Jumlah pipa penular kalor (N) dihitung dengan persamaan (16) adalah 41 batang.

$$N = \frac{Q}{\frac{\pi}{4} D^2 V} \quad (16)$$

Susunan dan dimensi pipa-pipa penukar kalor di dalam bejana pasteurisasi seperti terlihat pada gambar 3.



Gambar 3. Susunan dan dimensi utama penukar kalor pada alat pasturisasi

Kebutuhan energi (kalor)

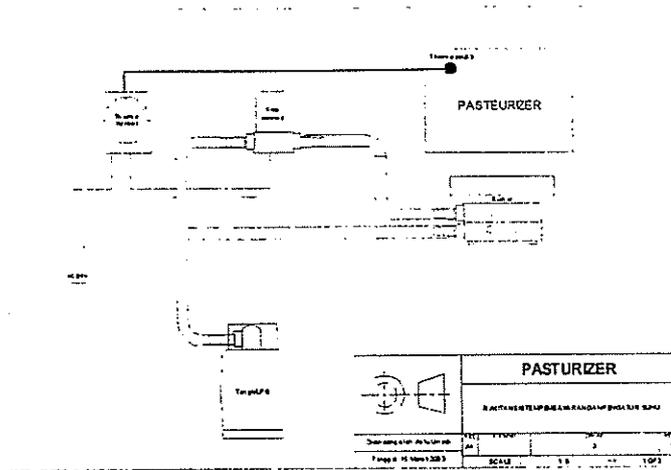
Diasumsikan bahwa kadar air sari buah adalah 95%, dengan suhu awal 28 °C dan suhu pasteurisasi 85 °C. Nilai panas spesifik sari buah atau *puree* diambil 3,68 kJ kg⁻¹ C⁻¹ (Heldman and Singh 1988). Kebutuhan kalor untuk memanaskan suhu sari buah dengan kapasitas 50 liter/jam dihitung dengan persamaan (3), yaitu sebesar 10 488 kJ/ jam.

Diasumsikan bahwa suhu air mendidih dalam bejana pasteurisasi pada tekanan atmosfer adalah 100°C. Dengan menggunakan sifat-sifat air pada suhu tersebut, dari Tabel 1 dengan interpolasi didapat nilai $F_1P_r=0,678$. Dengan persamaan (13) didapat nilai $Gr=3,123$ dan dengan persamaan (12) diperoleh nilai $Nu=0,6378$ dan nilai $h=21,274$ W /m² K. Dari nilai-nilai tersebut, dengan persamaan (10) didapat koefisien perpindahan kalor menyeluruh $U_o=18,182$ W /m² K.

Kalor yang dipindahkan melalui seberkas pipa penukar kalor paling tidak harus sama atau lebih besar dari kalor yang dibutuhkan untuk memanaskan sari buah dalam proses pasteurisasi. Nilai kalor yang dipindahkan (Q) dalam mesin pasteurisasi menggunakan berkas pipa penukar kalor ke sari buah yang dihitung dengan menggunakan persamaan (8) adalah 10.489 kJ/jam dan ini mendekati kebutuhan kalor yang digunakan untuk menaikkan suhu sari buah.

Pengaturan suhu

Didalam operasi mesin, untuk mencapai keadaan *steady* sangatlah sulit. Parameter termodinamik baik udara, air, *puree* dan kondisi pemanas (kompor) selalu berfluktuasi naik dan turun. Untuk mengatasi hal tersebut perlu dipasang sistem kontrol yang dapat mengatur suhu pasteurisasi sari buah. Sistem ini terdiri dari beberapa komponen utama yaitu thermo kontrol dengan saklar suhu (*thermo switch*) dan klep solenoid (Gambar 4).



Gambar 4. Sistem pengatur suhu pasteuriser

Pemanas dari mesin pasteurisasi ini terdiri dari dua buah kompor. Kompor yang pertama selalu menyala untuk memasok lebih kurang $\frac{3}{4}$ dari kebutuhan kalor dalam proses pasteurisasi. Operasi kompor yang kedua dikendalikan melalui klep solenoid sedangkan solenoid tersebut akan dikendalikan oleh *thermo switch*. Pada kondisi suhu sari buah didalam mesin pasteuriser lebih rendah dari suhu pasteurisasi, kompor I dan II menyala. Bila suhu sari buah didalam pasturiser sudah melampaui suhu pasteurisasi, *thermo switch* akan memutuskan arus listrik yang ke klep solenoid sehingga kompor II akan mati sehingga suhu akan turun. Naik turunnya suhu pasteurisasi ditentukan oleh tingkat toleransi suhu dari *thermo switch*. Untuk kepentingan komersial, *thermo switch* dengan toleransi 2°C dipakai dalam rancangan ini mengingat komponen ini mudah didapat dan murah.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Prototipe mesin pasteuriser terlihat pada gambar 5 dan 6. Mesin ini telah dilengkapi dengan pengaturan suhu secara otomatis seperti dalam gambar 4, sehingga suhu *puree* yang ada dalam mesin dapat dipertahankan stabil sedangkan waktu pasteurisasi dapat divariasikan. Oleh karena *puree* mempunyai viskositas yang tinggi/kental, maka aliran gravitasi dari tangki penampung (mixing tank) ke mesin pasteuriser sangat lambat. Untuk mempercepat aliran, dipasang pompa rotary dengan putaran rendah yang dilengkapi dengan sistem pelepasan tekanan bila mesin bekerja semi kontinyu.



Gambar 7. Rangkaian mesin pencampur sari buah dan pasteurisasi

Dalam pengukuran kapasitas, diisi 5 botol, masing-masing botol berisi rata-rata 2 kg *puree*. Kapasitas rata-rata dengan suhu 80, 85 dan 90°C adalah sebesar 62,08, 56,48 dan 50,04 kg/jam dengan waktu pasteurisasi sebesar 6,13, 5,58 dan 4,94 menit (Lampiran 1). Bila densitas *puree* mangga dianggap sama dengan air maka kapasitas pasteuriser tersebut adalah 62,08, 56,48 dan 50,04 l/jam. Rata-rata penggunaan energi panas untuk masing masing perlakuan suhu bila dihitung dengan persamaan (5) berturut-turut adalah 11,423, 11, 432 dan 11,048 kJ/jam. Bila dibandingkan dengan perhitungan rancangan dengan suhu 85°C dan waktu pasteurisasi 5 menit, terdapat perbedaan kalor yang digunakan sebesar 9%, kapasitas sebesar 13% dan waktu pasteurisasi sebesar 11,5%. Dari aspek operasional, perbedaan tersebut masih dimungkinkan mengingat pasteuriser dilengkapi dengan sensor suhu, sehingga melalui pengaturan suhu dan waktu pasteurisasi akan diperoleh parameter sesuai dengan yang diinginkan. Dalam operasionalnya, pengguna lebih suka menggunakan suhu 90°C karena produknya lebih tahan disimpan dibandingkan dengan suhu dibawahnya.

Masalah yang masih dirasakan dalam operasi mesin ini terutama adalah pembersihan tabung penukar kalor dan sisa gas buang dari pembakaran LPG. Tabung penukar kalor harus segera dibersihkan setelah proses pasteurisasi selesai. Penundaan untuk membersihkan pipa penukar kalor ini akan menyebabkan kerak di dalam pipa yang sulit untuk dibersihkan. Disamping itu, dalam suatu ruangan proses pembuatan *puree*, tata letak yang disukai oleh pengguna adalah seluruh operasi berada dalam satu tempat sehingga mudah dikontrol. Oleh karena pasteuriser ini menggunakan pembakaran gas maka sisa gas buang akan mencemari ruangan. Pasteuriser ini (Pt 1) telah dicoba dan berhasil dengan baik pada buah mangga, sirsak, strawberry dan jeruk nipis.

Tabel 2 Kinerja pasteuriser pada beberapa jenis buah

Jenis Buah	Kinerja Mesin
Mangga	Baik
Sirsak	Baik
Strawberry	Baik
Jambu biji	Kurang baik
Jeruk nipis	baik

Sumber : CV. P U.

Namun dilaporkan kurang baik pada jambu biji. Mangga yng telah dicoba adalah mangga Arumanis, Indramayu, Gedong dan Rucah semuanya dapat diolah dengan baik. Bentuk sari pulpy yang lain seperti strawberry dan sirsak apalagi jeruk nipis yang bentuknya cair juga dapat diolah dengan baik. Sedangkan bentuk pulp yang lain yakni jambu biji baik yang merah maupun putih menyebabkan mesin tidak bekerja dengan baik diduga karena produk tersebut banyak mengandung pektin sehingga viskositasnya jauh lebih tinggi dari produk yang telah disebutkan diatas dan menimbulkan kemacetan.

Daya simpan produk buah tersebut juga stabil terutama mangga, sirsak, strawberry dan jeruk nipis. Minimum suhu penyimpanan adalah < 26°C yang memberikan daya simpan kurang lebih enam bulan. Sedangkan pada penyimpanan beku bisa lebih dari satu tahun. Kecuali jambu biji yang dilaporkan lebih rendah dari buah-buahan lain yang dicoba.

KESIMPULAN

Pasteuriser untuk sari buah berkapasitas 50-60 liter/jam menggunakan air sebagai media penghantar kalor dan seberkas pipa untuk memindahkan kalor dari air ke sari buah yang dapat dioperasikan secara kontinyu atau semi kontinyu telah direkayasa dan digunakan oleh industri pengolah sari buah skala kecil. Suhu dan waktu proses pasteurisasi dapat diatur dengan adanya pengatur suhu secara otomatis.

Hasil pengujian dengan menggunakan *puree* mangga menunjukkan bahwa kapasitas bervariasi antara 50 sampai 62 liter/jam dengan suhu antara 80 sampai 90°C dan waktu pasteurisasi 5 sampai 6 menit. Mutu *puree* hasil pasteurisasi yang paling baik adalah dengan suhu 80°C dan waktu 6 menit.

Bila dibandingkan dengan hasil perhitungan rancangan pasteuriser dengan menggunakan suhu pasteurisasi 85°C, kapasitas dan penggunaan energi hasil uji lebih tinggi dari kapasitas rancangan yaitu berturut-turut 13% dan 9%. Perbedaan ini dapat diatasi dengan adanya sistem kontrol suhu pasteurisasi pada pasteuriser.

Agar tidak terjadi pengerakan pada pipa penukar kalor, disarankan untuk melakukan pendinginan dan pencucian segera setelah operasi.

Sistem pembuangan sisa pembakaran gas LPG perlu diperbaiki agar tidak mencemari ruang kerja.

Kinerja pasteuriser (Pt 1) cukup baik pada *puree* buah mangga, sirsak, strawberry dan jeruk nipis tetapi belum baik untuk buah jambu.

DAFTAR PUSTAKA

- [BPS] Badan Pusat Statistik .2000. Buletin Perdagangan Luar Negeri. Ekspor, Februari.
- Fellow PJ.1992. Food Process Technology. New York: CRC Press.
- Garbutt J. 1997. Essential of Food Micro Biology. London: Arnold.
- Heldman DR, Singh RP. 1988. Food Process Engineering. AVI Pub. Company, Westport.
- _____2001. Introduction of Food Engineering. London: Academic Press.
- Holdsword SD. 1977. Thermal Process of Packaging Food. Chapman and Hall. Blacky Academic and Professional.
- Pitts DR, Sissom LE. 1987. Perpindahan Kalor. Jakarta: Erlangga.
- Setyadjit dkk. 2000. Sifat Fisiko Kimia *Puree* dan Nektar Buah Sirsak selama Prosesing.
- Setyadjit dkk. 2003 Pengembangan Model Agro Industri Pengolahan *Puree* Mangga dan Sirsak Kualitas Ekspor. Laporan Kegiatan Penelitian. Balai Penelitian Pasca Panen, Badan Litbang Pertanian.
- Shigley JE, Mitchell LD. 1986. Perencanaan teknik mesin. Jakarta: Erlangga.
- Tucker GS *et al.* 2003. Application of Biochemical Time-Temperature Integrator to estimate pasteurisation values in Continuous Food Process. *J. Innovative Food Science & Emerging Tech.* 3:165-174.

Lampiran 1 Variasi suhu dan waktu terhadap kapasitas pasteurizer

Ulangan	Suhu awal	Suhu pasteurisasi	Waktu pengeluaran	Jumlah botol terisi	Berat produk	Kapasitas	Waktu pasteurisasi
	(°C)	(°C)	Menit	(botol)	(kg)	(kg/j)	menit
1	30	80	9.77	5	10.10	62.05	6.13
2	30	80	9.82	5	10.20	62.34	6.16
3	30	80	9.70	5	10.00	61.86	6.11
Rata-2			<u>9.76</u>			<u>62.08</u>	<u>6.13</u>
SD (%)			5.85			0.25	2.42
1	30	85	10.85	5	10.20	56.41	5.57
2	30	85	10.75	5	10.10	56.37	5.57
3	30	85	10.80	5	10.20	56.67	5.60
Rata-2			<u>10.80</u>			<u>56.48</u>	<u>5.58</u>
SD (%)			5.00			16.13	1.59
1	30	90	12.00	5	10.05	50.25	4.96
2	30	90	12.10	5	10.00	49.59	4.90
3	30	90	12.07	5	10.11	50.27	4.96
Rata-2			<u>12.06</u>			<u>50.04</u>	<u>4.94</u>
SD (%)			5.09			38.90	3.84