

STUDI STABILITAS MUTU SUSU SEGAR SELAMA PENGANGKUTAN MENGUNAKAN SUHU RENDAH YANG LAYAK SECARA TEKNIS DAN FINANSIAL (KAJIAN SUHU DAN LAMA WAKTU PENDINGINAN)

Study of Fresh Milk Stability in Transport with Low Temperature that Technically and Financially Feasible (Study on Temperature and Cooling Time)

Dwi Agus Sutrisno¹, Sri Kumalaningsih¹, Arie Febrianto Mulyadi*

¹Jurusan Teknologi Industri Pertanian - Fakultas Teknologi Pertanian - Universitas Brawijaya
Jl. Veteran - Malang 65145

*Penulis Korespondensi: email: arie_febrianto@ub.ac.id

ABSTRAK

Susu merupakan media pertumbuhan yang sangat baik bagi bakteri dan dapat menjadi sarana potensial bagi penyebaran bakteri patogen dan bakteri pembusuk yang mudah tercemar ketika penanganannya tidak memperhatikan kebersihan. Pendinginan susu bertujuan agar terjadi penurunan suhu untuk menahan mikroba perusak agar tidak berkembang, sehingga susu tidak mengalami kerusakan dalam waktu yang relatif singkat. Suhu rendah untuk pengangkutan susu segar tergantung juga pada waktu pengangkutan karena tidak semua waktu pengangkutan membutuhkan suhu pengangkutan yang sangat rendah, jadi perlu diketahui berapakah kombinasi suhu dan waktu pengangkutan yang tepat yang layak secara teknis dan finansial. Hasil penelitian menunjukkan suhu dan lama waktu pendinginan berpengaruh nyata terhadap total bakteri susu segar dan berpengaruh nyata terhadap kadar protein. Suhu rendah yang tepat untuk pengangkutan susu segar adalah 10 °C untuk masing masing waktu pengangkutan susu segar (30, 60, dan 90 menit). Hasil perhitungan finansial didapatkan HPP sebesar Rp 3802,45, BEP selama 211 hari kerja. Nilai R/C ratio sebesar 1.05, total modal sebesar Rp 3422202,510 dan menghasilkan pendapatan sebesar Rp 3600000000 sehingga dalam satu tahun perusahaan akan mendapatkan keuntungan sebesar Rp 177797490

Kata kunci : Kelayakan Teknis dan Finansial, Suhu, Susu Segar, Waktu Pendinginan

ABSTRACT

Milk is an excellent growth medium for bacteria and can be a potential substrate for the spread of pathogens and spoilage bacteria that contaminated the unsterilized process or treatment. The cooling process aims to decrease the temperature which is beneficial to avoid the growth of microbial, so therefore the milk nutrition's does not breakdown in relatively short time. Low temperature for the transport of milk depends also on the length of transportation. Therefore it is necessary to figure out the exact combination of temperature and time of transportation which is feasible technically and financially. The results showed that temperature and cooling period significantly affect the total bacteria and the amount of protein. The best temperature for milk transportation is 10 °C on each time (30, 60, and 90 minutes). While the financial analysis showed that the product manufacturing cost Rp 380245, BEP for 211 days. Value of R/C ratio 1.05, capital investment Rp 3422202510 with income generating Rp 3.6 billions. As a result, the company will earn a profit of Rp 177797490 per year.

Keywords: Antimicrobial Compounds, Maceration, Microalgae, Tetraselmis chunii

PENDAHULUAN

Produk peternakan seperti susu mempunyai nilai gizi yang sangat tinggi. Nilai gizi yang tinggi juga menyebabkan susu menjadi media pertumbuhan dan perkembangan mikroorganisme, karena dalam pertumbuhannya mikroorganisme juga membutuhkan bahan makanan (Saleh, 2004). Susu merupakan produk pangan yang rentan terhadap kerusakan, sehingga memerlukan perhatian yang serius dalam penanganan setelah pemerahan, penyimpanan, pengangkutan dan pengolahan (Ismail, 2001).

Susu yang telah diperah oleh peternak kemudian akan didistribusikan ke koperasi-koperasi pengumpul susu. Jika peternakan tidak mempunyai alat pendingin, susu harus dibawa ke *cooling* unit atau Koperasi Unit Desa (KUD) yang mempunyai alat pendingin (Saleh, 2004). Pendinginan susu bertujuan agar terjadi penurunan suhu untuk menahan mikroba perusak susu agar pertumbuhannya terhambat atau tidak berkembang biak, sehingga susu tidak mengalami kerusakan dalam waktu yang relatif singkat (Toledo *et al.*, 2015). Susu yang telah didinginkan di KUD kemudian didistribusikan ke Industri Pengolah Susu (IPS). Distribusi susu di kota Batu Jawa Timur membutuhkan waktu distribusi susu dari koperasi ke IPS rata-rata sebesar 90 menit tergantung dari jarak dan kondisi geografis (Misgiarta *et al.*, 2008). Adanya jalur distribusi yang panjang seperti ini menyebabkan penurunan kualitas susu.

Suhu rendah untuk pengangkutan susu tergantung juga pada waktu tempuh pengangkutannya karena tidak semua waktu tempuh pengangkutan membutuhkan suhu pengangkutan yang sangat rendah. Tujuan penelitian ini adalah mendapatkan kombinasi perlakuan suhu dan waktu yang tepat untuk pengangkutan susu segar, serta mendapatkan informasi kelayakan teknis dan biaya penanganan susu segar skala ganda.

BAHAN DAN METODE

Alat dan Bahan

Susu segar yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari peternak bernama bapak Supriyadi di desa Ngaglik, kota Batu, Jawa Timur. Susu segar diambil saat pagi hari. Bahan pengujian kimia dibeli di toko kimia Panadia kota Malang. Peralatan yang digunakan meliputi alat pengujian protein

makro Kjeldahl, alat pengujian total bakteri berupa cawan petri, bunsen, inkubator, tabung reaksi, pipet, termometer, *autoclave*.

Rancangan Percobaan

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental yang menjelaskan adanya pengaruh antara suhu pendinginan dengan rentang waktu pendinginan. Rancangan percobaan yang digunakan dalam penelitian ini adalah Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan menggunakan dua faktor. Faktor pertama terdiri dari tiga level dan faktor kedua terdiri dari tiga level. Masing-masing faktor diulang dua kali. Faktor pertama (W), yaitu waktu pendinginan (30 menit, 60 menit, 90 menit). Faktor kedua (S) yaitu suhu pendinginan (0 °C, 5 °C, 10 °C). Setiap level diulang sebanyak dua kali.

Tahapan Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan beberapa tahapan. Tahap pertama yaitu pengambilan susu dari peternak. Sampel susu diambil dengan menggunakan milk can dari salah satu peternak di wilayah desa Ngaglik, kecamatan Batu, kota wisata Batu. Tahap selanjutnya yaitu memasukkan susu ke dalam mesin pendingin yaitu lemari es yang suhunya dapat diatur.

Suhu lemari es harus dapat diatur pada suhu 0 °C, 5 °C, dan 10 °C. Susu segar yang masuk ke dalam lemari es harus selalu diamati penurunan suhunya. Waktu mulai dihitung apabila suhu susu segar dalam lemari es mulai konstan. Apabila sampel susu segar yang disimpan di lemari es telah mencapai waktu 30 menit, maka tahapan selanjutnya dilakukan analisa total bakteri dan kadar protein. Analisa yang sama juga dilakukan pada sampel yang disimpan selama 60 menit dan 90 menit pada suhu konstan yaitu 0 °C, 5 °C, dan 10 °C. Setelah diketahui perlakuan terbaik masing masing suhu pendinginan maka tahapan selanjutnya dilakukan penggandaan skala.

Analisa

Data yang dianalisis pada penelitian ini meliputi kadar protein dan total cemaran bakteri. Data yang diperoleh dari hasil pengujian kadar protein dan total bakteri dianalisis menggunakan analisis ragam (ANOVA) dengan selang kepercayaan 95%. Apabila analisis ragam menunjukkan pengaruh ny-

ata pada faktor-faktor perlakuan maka akan dilanjutkan dengan uji BNT 5%. Pemilihan alternatif terbaik dengan menggunakan metode *multiple attribute* (Zeleny, 1982).

Analisis Kelayakan

Analisis kelayakan teknis meliputi proses produksi, bahan baku, mesin dan peralatan, dan kebutuhan tenaga kerja. Analisis lainnya meliputi analisis kelayakan finansial yang dihitung berdasarkan persamaan berikut.

$$HPP = \frac{\text{Total biaya selama satu tahun (TC)}}{\text{Jumlah produksi selama satu tahun (Q)}} \dots\dots\dots(1)$$

$$BEP_{\text{unit}} = \frac{\text{Biaya tetap selama satu tahun (FC)}}{\text{harga jual per liter - biaya tidak tetap per liter (VC per liter)}} \dots\dots\dots(2)$$

$$BEP(\text{Rupiah}) = \frac{\text{Biaya tetap selama satu tahun (FC)}}{1 - \left(\frac{\text{Biaya tidak tetap per liter (VC per liter)}}{\text{harga jual per liter (P)}} \right)} \dots\dots\dots(3)$$

$$R / C \text{ Ratio} = \frac{\text{Total penerimaan}}{\text{total pengeluaran}} \dots\dots\dots(4)$$

Apabila nilai R/C ratio lebih besar dari satu maka analisis finansial dianggap layak.

HASIL DAN PEMBAHASAN

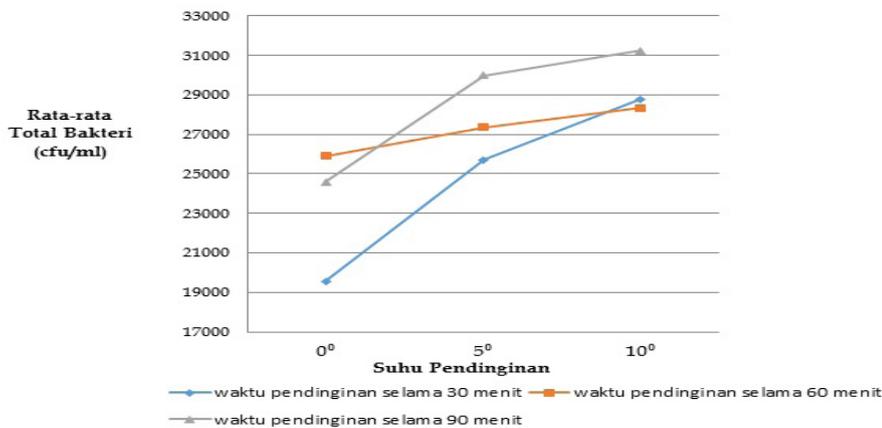
Total Bakteri

Hasil analisa kadar total bakteri pada susu segar akibat pengaruh suhu pendinginan dan waktu pendinginan berkisar antara

19.550 cfu/ml sampai 31.250cfu/ml. Garis waktu pendinginan 30 menit cenderung dibawah garis pendinginan 60 menit dan 90 menit yang terlihat pada Gambar 1. Hal tersebut terjadi dikarenakan mikroorganisme memerlukan waktu dalam berkembangbiakan. Semakin lama waktu pendinginan akan mengakibatkan semakin banyak pula bakteri yang ada di dalam susu segar. Namun pertumbuhan bakteri dapat dihambat pada suhu rendah (Kokarev, 2006). Pertumbuhan bakteri hanya pada rentang log 4 atau 10⁴ cfu/ml saja.

Pertumbuhan bakteri hanya mampu pada level 10⁴ cfu/ml dikarenakan pada penelitian ini menggunakan suhu perlakuan maksimal 10 °C dan waktu maksimal yang sangat singkat yaitu 90 menit, sehingga bakteri terhambat dan berada pada log 4 cfu/ml atau 10⁴ cfu/ml. Hal ini sesuai dengan pendapat Milukova (2009) yang menyatakan bahwa pertumbuhan mikroorganisme pada susu segar yang disimpan pada suhu dibawah 4 °C dapat dihambat pertumbuhannya hingga 48 jam penyimpanan.

Pada pendinginan selama 60 menit total bakteri terendah pada suhu pendinginan 0 °C, sedangkan total bakteri tertinggi pada suhu pendinginan 10 °C. Pada pendinginan selama 90 menit total bakteri terendah pada suhu pendinginan 0 °C, sedangkan total bakteri tertinggi pada suhu pendinginan 10 °C. Semakin tinggi suhu pendinginan yang digunakan maka total bakteri juga cenderung tinggi. Hal ini dikarenakan mikroorganisme dapat berkembang biak serta pertumbuhannya meningkat pada suhu yang mendekati



Gambar 1. Pengaruh suhu pendinginan dan waktu pendinginan susu segar terhadap total bakteri

suhu inkubasi (37 °C). Sebaliknya suhu yang mendekati beku akan mengakibatkan perlambatan pertumbuhan bakteri. Hal ini sesuai dengan pendapat yang dikemukakan oleh Adam (2000) yang menyatakan suhu rendah digunakan untuk mencegah atau menghambat pertumbuhan mikroorganisme perusak susu. Menurut Suwito (2010) bakteri yang banyak terdapat pada susu segar adalah jenis bakteri pembusuk antara lain adalah *Micrococcus sp*, *Pseudomonas sp*, dan *Bacillus sp* yang tumbuh optimal pada suhu 20 °C dan beberapa bakteri patogen. Oleh karena itu, untuk mencegah pembusukan pada susu segar diperlukan pengangkutan pada suhu rendah.

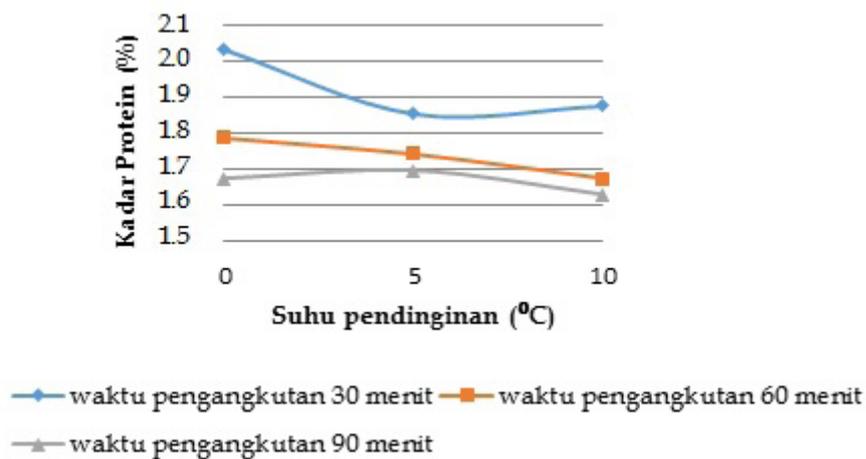
Hasil Analisa Kadar Protein

Hasil analisa kadar protein didapatkan nilai rata-rata kadar protein berkisar antara 1.6278% hingga 2.0291%. Pada pendinginan susu segar selama 30 menit total protein tertinggi terdapat pada suhu penyimpanan 0 °C dan total protein terendah pada suhu penyimpanan 5 °C. Pada penyimpanan 60 menit total protein tertinggi terdapat pada suhu penyimpanan 0 °C dan total protein terendah terdapat pada suhu penyimpanan 10 °C. Pada penyimpanan selama 90 menit total protein tertinggi terdapat pada suhu penyimpanan 5 °C dan total protein terendah pada penyimpanan 10 °C.

Terdapat kecenderungan penurunan kadar protein akibat dari perlakuan suhu pendinginan susu segar yang ditunjukkan pada Gambar 2. Seiring dengan kenaikan suhu maka kadar protein cenderung menu-

run. Penurunan kadar protein pada susu segar diduga karena adanya bakteri proteolitik yang mampu mencerna protein, terutama kasein dalam susu, sehingga protein yang terkandung di dalam susu mengalami kerusakan. Bakteri proteolitik seperti *Pseudomonas* tumbuh optimal pada suhu 15 °C atau lebih pada inkubasi selama 2 hari (Premaratne, 1986). Oleh karena itu, pada penelitian ini digunakan suhu perlakuan maksimal sebesar 10 °C yang mampu menghambat pertumbuhan bakteri proteolitik. Hal ini sesuai dengan pendapat Bruisnma (2003) yang menyatakan penyimpanan susu pada suhu ruang akan menyebabkan pengasaman dan penggumpalan susu karena proses fermentasi laktosa menjadi asam laktat sehingga pH turun dan terjadi penggumpalan kasein, serta terbentuknya enzim protease oleh bakteri proteolitik yang mampu mencerna kasein. Protein akan dirombak oleh enzim protease menjadi amoniak dan hidrogen sulfida (Milukova, 2009).

Terdapat kecenderungan penurunan kadar protein akibat dari semakin lama waktu penyimpanan susu segar yang ditunjukkan pada Gambar 2. Penurunan kadar protein susu segar diduga karena terdapat aktivitas bakteri proteolitik yang mampu mencerna protein terutama kasein pada susu segar. Hal ini sesuai dengan pendapat Creniewicz (2006) yang menyatakan bahwa walaupun bakteri proteolitik mampu tumbuh optimal pada suhu ruang tetapi masih mampu berkembang seiring bertambahnya waktu pada suhu lemari es, sehingga dapat mengakibatkan degradasi protein. Namun



Gambar 2. Pengaruh suhu pendinginan dan waktu pendinginan susu segar terhadap rata-rata kadar protein

pertumbuhan bakteri proteolitik terhambat pada suhu rendah dibawah 4 °C hingga 48 jam penyimpanan.

Penentuan Perlakuan Terbaik

Aplikasi metode *multiple attribute* digunakan untuk mendapatkan alternatif terbaik untuk masing-masing waktu pendinginan susu segar. Perlakuan terbaik pada waktu pendinginan 30 menit yaitu pada perlakuan suhu pendinginan 0 °C yang memiliki total bakteri terendah sebesar 19.550 cfu/ml, dan kadar protein sebesar 2.03%.

Perlakuan terbaik pada waktu pendinginan 60 menit adalah pada suhu pendinginan 0 °C yang memiliki total bakteri sebesar 25900 cfu/ml dan kadar protein sebesar 1.784%.

Perlakuan terbaik pada waktu pendinginan 90 menit adalah pada suhu pendinginan 0 °C yang memiliki total bakteri sebesar 24600 cfu/ml dan kadar protein sebesar 1.67%.

Penggandaan Skala

Produk yang digandakan skalanya yaitu susu segar yang didinginkan hingga mencapai suhu 10 °C. Penggandaan skala tidak dilakukan pada perlakuan terbaik (suhu 0 °C). Hal ini dikarenakan pada suhu perlakuan yang hanya 10 °C mampu mempertahankan kualitas susu segar yang sesuai dengan SNI 1998 yaitu total cemaran bakteri tidak melebihi satu juta cfu/ml. Pada skala laboratorium alat yang digunakan adalah lemari es, sedangkan pada skala ganda digunakan cooling unit. Pada penelitian skala laboratorium susu yang digunakan sebanyak 100 ml, sedangkan pada skala ganda digunakan susu sebanyak 2500 liter. Waktu untuk mendinginkan 2500 liter susu segar dari suhu kamar menjadi 10 °C membutuhkan waktu 138 menit.

Kelayakan Aspek Teknis

Bahan baku yang melimpah karena lokasi bahan baku berada di daerah sentra produksi susu segar yaitu di desa Nganglik kota Batu, Jawa Timur. Diasumsikan Bahan baku diterima satu kali dalam sehari. Jumlah volume air susu yang diterima setiap hari berkisar 2500 liter. Apabila dalam satu bulan terdapat 30 hari kerja, maka dalam satu bulan membutuhkan bahan baku sebanyak 75000 liter, sehingga dalam satu tahun membutuhkan susu segar sebanyak 900000 liter.

Satu unit *cooling* unit kapasitas 3000 liter daya 6000 watt. Satu unit transfer tank kapasitas 3000 liter. Dua unit Mobil pick up dan tangki tuang susu yang terbuat dari *stainless steel* yang terdiri dari satu dinding dengan kapasitas 2000 liter. Jenis mesin yang digunakan dalam usaha pendinginan susu segar adalah jenis teknologi tepat guna.

Tenaga kerja yang dibutuhkan didapatkan dari masyarakat sekitar tempat usaha. Jumlah tenaga kerja yang dibutuhkan untuk bagian produksi sebanyak 10 orang, dan pada bagian operasional dibutuhkan dua orang saja yang bertugas sebagai pengawas dan administrasi kantor.

Kelayakan Aspek Finansial

Harga pokok produksi per liter susu segar sebesar Rp 3802,45. Rata-rata harga jual yang diberlakukan oleh IPS adalah sebesar Rp 4000. Besarnya harga jual dipengaruhi oleh kualitas susu segar. *Break Event Point* yang diperoleh sebesar 525942,36 liter. Asumsi rata-rata harga jual sebesar Rp 4000 maka BEP dapat tercapai pada Rp 2103769431. Setiap hari mampu memproduksi 2500 liter susu segar maka BEP akan tercapai setelah 211 hari. Total penerimaan yang didapat dari usaha pendinginan susu segar selama satu tahun yaitu sebesar Rp 3600000000. Total biaya yang dikeluarkan perusahaan sebesar Rp 3422202510, sehingga didapatkan nilai R/C ratio sebesar 1.051954111. Nilai R/C ratio yang lebih besar dari satu menunjukkan bahwa usaha penanganan susu segar skala ganda layak untuk dilaksanakan. Selama satu tahun perusahaan akan mendapatkan keuntungan sebesar Rp 177797490.

SIMPULAN

Suhu rendah yang tepat untuk tiap-tiap waktu pengangkutan susu segar adalah 10 °C. Waktu pengangkutan 30 menit menggunakan suhu pengangkutan 10 °C. Waktu pengangkutan 60 menit menggunakan suhu pengangkutan 10 °C. Waktu pengangkutan 90 menit menggunakan suhu pengangkutan 10 °C. Penggandaan skala dilakukan pada volume 2500 liter dengan suhu 10 °C. Hasil analisa kelayakan finansial pada skala 2500 liter memberi-

kan kesimpulan diantaranya membutuhkan modal awal sebesar Rp 3422202510. Total pendapatan Rp 3600000000. *Break Event Point* (BEP) diperoleh setelah 211 hari kerja serta nilai R/C ratio sebesar 1.05. Harga Pokok Produksi sebesar Rp 3802,45.

DAFTAR PUSTAKA

- Adams, MR. 2000. *Food Microbiology*. Royal Society of chemistry, Cambridge
- Bruisnma, B. 2003. *Modern Food Microbiology*. Macrel Dekter, Inc, New York
- Czerniewicz, M, Kruk, A, Kietczewska, K. 2006. Storage stability of raw milk subjected to vibration. *Pol. J. Food Nutr. Sci.* 15(56):65-70
- Grahatika, R. 2009. Identifikasi dan Pemeriksaan Jumlah Total Bakteri Pada Susu Sapi di Kabupaten Karang Anyar. Skripsi. Universitas Muhammadiyah Surakarta
- Hadiwiyoto, S. 1994. *Teori dan Prosedur Pengujian Mutu Susu dan Hasil Olahannya*. Liberty, Yogyakarta
- Ismail, M, M, Ammar, E, M, A, El-Shazly, A, A, Eid, M, Z. 2010. Impact of cold storage and blending different lactations of milk on the quality of domiati cheese. *Afr. J. Food Sci.* 4(8):503 - 513
- Kokarev, V. 2006. Good milk handling standards implementation in milk collection center and good manufacturing practices in dairy processing plant. *Final Report of Kosovo Cluster and Business Support Project*, USAID Cosovo
- Lingathurai, S, Vellathurai, P. 2013. Bacteriological quality and safety of raw cow milk in madurai (south india). *Bangladesh. J. Sci. Ind. Res.* 48(2):109-114
- Misgiyarta, A, Budiyanto, Sunarlim, R. 2008. Pengaruh lama waktu transportasi susu segar terhadap tingkat kontaminan mikrob (studi kasus di wilayah KUD sarwamukti, lembang, jawa barat). *Seminar Nasional Teknologi Pternakan dan Veteriner*, IPB, Bogor, pp.264-270
- Saleh, E. 2004. Teknologi Pengolahan Susu dan Hasil Ikutan Ternak. Skripsi. Universitas Sumatera Utara
- Suwito, W. 2010. Bakteri yang sering mence-mari susu, deteksi, patogenesis, epidemiologi dan cara pengendaliannya. *J. Litbang Pertanian.* 29(3):96-100
- Toledo, V, T, Meissner, K, Coronasb, A, Müllera, J. 2015. Performance characterisation of a small milk cooling system with ice storage for PV applications. *Intl. J. Refr.* 60:81-91
- Usmiati, S. 2009. *Teknologi Pengolahan Susu*. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Pascapanen Pertanian, Bogor