

# Pengaruh suhu sterilisasi pada sifat morfologis dan mekanik kemasan fleksibel retort produk empal gentong siap saji

*[The effect of sterilization temperature on morphological and mechanical properties of retort flexible packaging for ready to eat "empal gentong" product ]*

Annisa Kusumaningrum<sup>1\*</sup>, Andi Febrisiantosa<sup>1</sup>, Aldicky Faizal Amri<sup>1</sup>, Rima Zuriah Amdani<sup>1</sup>, Asep Nurhikmat<sup>1</sup>, Siswo Prayogi<sup>1</sup> dan Bayu Murti Dewandaru<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Pusat Riset Teknologi dan Proses Pangan, Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN), Gunungkidul, DI Yogyakarta 55861, Indonesia

<sup>2</sup> Program Studi Ilmu dan Industri Peternakan, Fakultas Peternakan, Universitas Gadjah Mada, DI Yogyakarta 55281, Indonesia

\* Email korespondensi : [nisa.ksmningrum@gmail.com](mailto:nisa.ksmningrum@gmail.com), Tel: +62-274-392570 Fax: +62-274-391168

Diterima : 19 Januari 2023, Disetujui : 13 April 2023, DOI: <http://dx.doi.org/10.23960/jthp.v28i2.90-98>

## ABSTRACT

*Thermal food sterilization is the preservation technology to extend packaged food shelf life. The properties of packaging materials that change after thermal sterilization are morphological, mechanical, and color properties. This study aimed to observe the effect of sterilization temperature on the morphological, mechanical, and color properties of flexible retort pouch packaging. The food product sample processed in retort packaging was Indonesian traditional food, "empal gentong". The retort package was composed of PET/Al/Nylon/CPP and processed at 121 °C 0,8 bar for 9 min, with an unprocessed sample as a control. Three replications of mechanical and color results were analyzed using T-test with  $p < 0.05$  significance level to determine the significant difference. The retort pouch sample showed visual and microscopic defects in the form of separation between the PET layer and aluminum foil after being processed at 121 °C 0,8 bar for 9 minutes. In addition, temperature processing at 121 °C influenced the tear strength results and color significantly ( $p < 0,05$ ). Color changes were occurred on the inside of the packaging contacting with the food. Each layer in multilayer packaging is interrelated and supports one another. Multilayer flexible packaging combines the different properties of a single monolayer material, so it is suitable for commercial sterile food packaging.*

*Keywords: thermal sterilization, flexible packaging, multilayer, tear strength, color*

## ABSTRAK

Proses sterilisasi adalah teknologi pengawetan untuk memperpanjang umur simpan produk makanan yang dikemas. Sifat bahan pengemas setelah proses termal sterilisasi akan mengalami perubahan di antaranya yaitu sifat morfologis, mekanik dan warna. Tujuan dari penelitian ini yaitu mempelajari pengaruh suhu proses sterilisasi pada sifat morfologi, mekanik dan warna dari kemasan fleksibel retort pouch. Produk makanan yang diproses dalam kemasan adalah makanan khas Indonesia yaitu empal gentong. Kemasan retort terdiri dari lapisan PET/Al/Nylon/CPP, diproses pada suhu 121 °C tekanan 0,8 bar selama 9 menit dengan sampel kemasan yang belum diproses digunakan sebagai kontrol. Pengujian mekanik dan warna sampel kemasan dilakukan tiga kali ulangan kemudian dianalisis menggunakan T-test dengan tingkat signifikansi  $p < 0,05$ . Sampel kemasan secara visual dan mikroskopis menunjukkan kerusakan berupa pemisahan antara lapisan PET dan aluminium foil setelah diproses pada suhu 121 °C tekanan 0,8 bar selama 9 menit. Proses pada suhu 121 °C mempengaruhi perubahan sifat kuat robek dan warna kemasan secara signifikan ( $p < 0,05$ ). Perubahan warna terjadi khususnya pada bagian dalam kemasan yang mengalami kontak dengan empal gentong. Setiap lapisan di kemasan multilayer saling berkaitan dan menunjang satu sama lain. Kemasan fleksibel multilayer menggabungkan sifat-sifat berbeda dari material monolayer tunggal sehingga dapat digunakan untuk kemasan pangan steril komersial.

Kata kunci: sterilisasi termal, kemasan fleksibel, multilayer, kuat sobek, warna

## Pendahuluan

Pengemasan makanan tidak hanya metode untuk mengangkut makanan dengan aman, tetapi juga memperpanjang masa simpan makanan serta perlindungan dari bakteri, kontaminasi, dan degradasi berbahaya yang akan terjadi. Kemasan plastik multilayer fleksibel (MPP) semakin populer dalam industri

pengemasan terutama pada sektor makanan dan medis. MPP memiliki keunggulan yaitu energi untuk produksi yang lebih rendah serta berat kemasan yang lebih ringan (Chen et al., 2021). Penggunaan kemasan fleksibel multilayer untuk pengemas makanan menggabungkan sifat-sifat berbeda dari material monolayer tunggal. Hal tersebut untuk memastikan kualitas makanan mulai dari pemrosesan, penanganan (*handling*), transportasi dan distribusi (Júnior et al., 2020).

Pada makanan kemasan yang diproses tekanan tinggi *high pressure processing* (HPP), material kemasan fleksibel multilayer harus mempunyai sifat fleksibilitas untuk menahan kompresi dan dekompresi agar mempertahankan sifat mekanik dan fisiknya (Júnior et al., 2019; 2020). Masing material pada kemasan fleksibel multilayer mempunyai fungsi masing-masing. Polyethylene terephthalate (PET), *polypropylene* (PP) dan nylon memiliki ketahanan terhadap gas/aroma dan kelembaban, kekuatan mekanik dan ketahanan terhadap panas. Nylon yang termasuk dalam polyamide (PA) biasanya digunakan untuk pembuatan kemasan fleksibel *thermoformed food packaging* untuk pengemas vakum dan modifikasi atmosfer (MAP). Aluminium (Al) khususnya mempunyai ketahanan terhadap cahaya (Chen et al., 2021).

PET adalah polyester polimer *semi-crystalline* yang dibentuk dari beberapa unit *ethylene glycol* dan terephthalic acid. Pembentukan area kristalin PET disebabkan oleh proses mekanik dan termal. Secara mekanik, kristalisasi terjadi ketika PET mengalami stress atau tegangan selama proses penggilingan, dan regangan. Kristalisasi terjadi ketika PET dipanaskan diatas suhu transisi gelasnya ( $T_g$ ) secara termal (Thomsen et al., 2022). PET yang disimpan pada suhu 140 °C selama 21, 35 dan 56 hari mempengaruhi sifat mekanik salah satunya yaitu perubahan elongasi. Pengamatan morfologi menunjukkan perubahan patahan permukaan (*fracture surface*). Proses degradasi PET pada suhu 110 °C dan 120 °C relatif lebih lambat dibandingkan suhu 140 °C (Panowicz et al., 2021).

Polyamida atau nylon (PA6) adalah termoplastik rekayasa yang memiliki sifat penghalang tinggi (*high barrier*), bersifat alifatik dan semi kristalin. Senyawa polyamide diformulasikan untuk meningkatkan sifat mekanik dan termalnya. Sifat viskoelastis dan ketahanan terhadap beban kejut (*impact strength*) dilakukan pada grup polyamide pada kisaran suhu -40 – 230 °C. Pada suhu yang tinggi, sampel tidak patah dan menunjukkan suhu transisi yang baik dari sifat material getas ke ulet (*brittle to ductile*). Pada area deformasi plastik, terdapat perubahan sifat elastis (Djukic et al., 2020).

Al-foil digunakan sebagai penghalang yang baik terhadap oksigen dan cahaya dalam kemasan makanan. Sharif et al. (2021) melaporkan sifat mekanik dan fraktur Aluminium foil (Al-foil)/adhesive/LDPE sebagai pengemas makanan cair. Uji kuat tarik dilakukan menggunakan mesin MTS Qtest 100 dengan kecepatan 10mm/min. Pada sampel Al-foil/LDPE tanpa adhesi, beban gaya yang diberikan 53,8 N dengan perpanjangan maksimum 7,553 mm. Beban maksimum sampel Al/Adh/LDPE yang diuji yaitu 44,61 N dengan perpanjangan 4,756 mm dengan tidak adanya patahan/fraktur. Kedua sampel tersebut mengalami kerusakan pada puncak yang sama karena gaya adhesi yang kuat diantara bahan yang menyebabkan bahan tersebut bertindak sebagai satu bahan (Sharif et al., 2021).

PP memiliki stabilitas termal yang rendah apabila tidak dikombinasikan dengan polimer lain. Hasil pengujian menggunakan *Differential Scanning Calorimetry* (DSC) menunjukkan titik leleh untuk PP murni yaitu 171 °C dan suhu kristalisasi 111 °C (Rivera-armenta et al., 2022). *Cast Polypropylene* (CPP) yang diproduksi menggunakan proses *casting* umumnya memiliki sifat *glossy*. Proses termal metode sterilisasi pangan komersial, bahan pangan dalam kemasan harus diproses sedemikian rupa sehingga mempunyai nilai sterilisasi ( $F_0$ ) sama dengan atau lebih dari 3 menit pada suhu 121 °C (250 °F) (BPOM, 2019). Di dalam penelitian terdahulu tentang proses retort produk makanan steril komersial berbasis daging dan ikan menyebutkan nilai  $F_0$  7-9 menit (Mugale et al., 2018; Nalini et al., 2018).

Bahan makanan yang dipilih untuk penelitian ini yaitu empal gentong siap saji produksi CV Sazada (Restoran Haji Apud Cirebon) karena produk yang saat ini dikemas lebih cenderung diolah dengan suhu tinggi untuk memperpanjang stabilitas produk pada suhu kamar (Kusumaningrum et al., 2022; Nurhikmat et al., 2020; Triyannanto et al., 2022). Tujuan penelitian ini yaitu mengevaluasi pengaruh proses suhu

sterilisasi yaitu 121 °C (250 °F) terhadap sifat morfologi, mekanik dan warna pengemas empal gentong yang berupa kemasan fleksibel retort *pouch* (PET/Al/Nylon/ CPP). Penelitian dibatasi pada perubahan sifat kemasan sebelum dan sesudah proses termal pada suhu operasi 121 °C, tekanan 0,8 bar selama 9 menit dan didalam mesin retort dengan sumber pemanas uap panas murni jenuh.

## Bahan dan metode

### Bahan dan alat

Penelitian ini menggunakan kemasan *retort pouch* dengan lapisan penyusun PET/Al/Nylon/ CPP, ukuran 2290 x 1600 mm dan ketebalan 0,106 mm. Bahan lain yaitu empal gentong siap saji produksi CV Sazada (Restoran Haji Apud Cirebon), sedangkan alat-alat nya meliputi alat sterilisasi yaitu *continuous band sealer* FR-900V *sealing machine*, mesin retort "Zongon" dan termokopel E-val Pro Ellab, Universal Testing Machine (UTM), Spectrophotometer CM-5 Konica Minolta Sensing (Singapore), Scanning Electron Microscopy (SEM) Hitachi SU3500 dan ion sputter MC1000 (Hitachi Corp.)

### Metode penelitian

Sampel bahan empal gentong dimasak dan disiapkan oleh CV Sazada menggunakan resep asli. Empal gentong siap saji kemudian dikemas dan diproses dengan metode termal sterilisasi. Setelah tahapan proses sterilisasi, empal gentong dipisahkan dari kemasannya. Sampel kemasan kontrol adalah kemasan yang belum diisi dengan sampel empal gentong dan belum diproses sterilisasi. Kemasan perlakuan (RP) adalah sampel kemasan produk empal gentong yang telah diproses sterilisasi. Sampel kontrol dikondisikan pada suhu ruang sampai dilakukan analisis. Sampel kemasan kemudian dilakukan analisis morfologis, mekanik dan warna. Analisis mekanik dan warna dilakukan tiga ulangan. Data yang diperoleh dari pengujian mekanik dan warna dianalisis dan diolah menggunakan *software* CoStat 6.4 (perangkat lunak CoHort, Monterey, CA, USA). Uji statistik menggunakan T-test dengan taraf 5% (Ananda & Fadhli, 2018). Semua data disajikan sebagai rata-rata dengan standar deviasi.

### Pelaksanaan penelitian

Persiapan kemasan diawali dengan menyiapkan dua kemasan yaitu kemasan kontrol dan kemasan untuk bahan empal gentong yang akan diproses sterilisasi. Empal gentong yang terdiri dari 50g daging sapi dan 300 mL kuah dimasukan kedalam kemasan. Suhu awal (*initial temperature*) untuk daging sapi yaitu 75 °C dan kuah 80-90 °C. Suhu ruang retort yaitu 81,2 °C. Setelah dilakukan pengisian, kemasan ditutup menggunakan *sealing machine* dengan suhu penutupan 225 °C dengan *headspace* 30%, kemudian dilakukan proses termal sterilisasi. Proses termal dilakukan pada mesin retort yang dioperasikan pada suhu 121 °C, tekanan 0,8 bar untuk mencapai nilai  $F_0$  9 menit. Suhu produk dan suhu ruang retort pada interval 1 menit direkam dengan termokopel. Termokopel didalam kemasan retort *pouch* diletakkan pada titik tengah geometris (Praharasti et al., 2019). Proses tersebut dioperasikan untuk mencapai nilai  $F_0$  9 menit pada suhu operasi maksimal 121,1 °C. Setelah mencapai nilai  $F_0$  yang diinginkan, produk didinginkan sampai suhu 54-59 °C. Keseluruhan proses dari 0-82 menit didefinisikan setara dengan suhu 121,1 °C selama 9 menit (Triyannanto et al., 2022). Tahapan terakhir yaitu pendinginan produk akhir menggunakan air pada suhu 25 °C. Sampel kemasan produk akhir (RP) dan kontrol kemudian dilakukan analisis.

### Parameter penelitian

#### (1) Analisis sifat morfologis menggunakan Scanning Electron Microscopy (SEM)

SEM digunakan untuk menganalisis permukaan dan penampang melintang kemasan sebelum dan sesudah diproses dengan suhu 121 °C/0,8 bar for 9 min. Sebelum dilakukan analisis SEM, sampel kemasan dengan ukuran 11x11 mm dilapisi menggunakan emas (Au) (*coating*) menggunakan alat ion sputter

MC1000 (Hitachi Corp.). *Coating* untuk mencegah terjadinya fenomena *discharge*. Kemudian dilakukan analisis SEM pada perbesaran 2K dengan Vacc 30kV (Setiyawan et al., 2021). Kombinasi SEM dan EDX untuk mengetahui unsur-unsur yang terdeteksi pada kemasan.

## (2) Analisis sifat mekanik kemasan

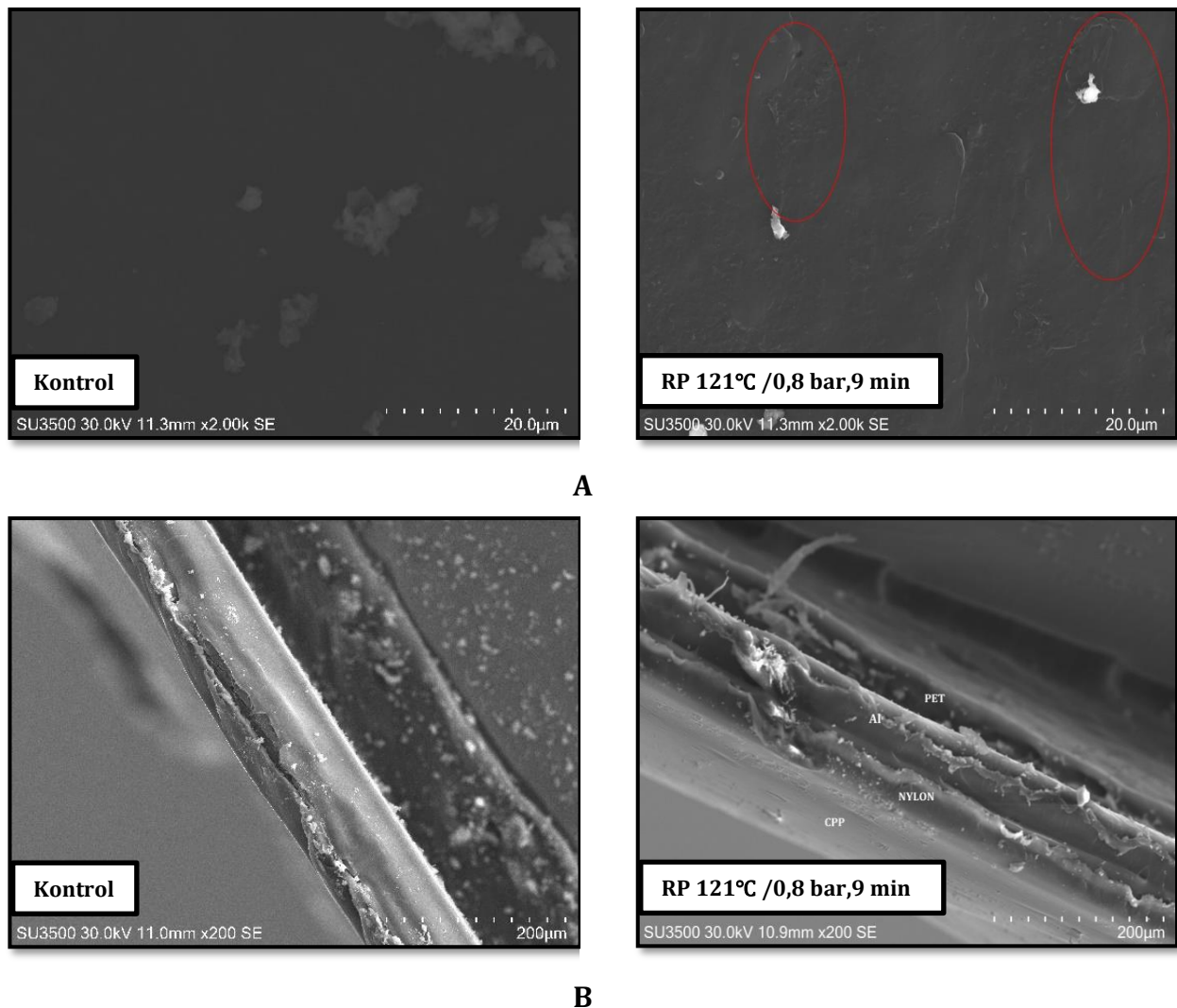
Pengujian mekanik yang meliputi kuat tarik (*tensile strength*) dan kuat sobek (*tear strength*) dilakukan di Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Gajah Mada menggunakan alat *Universal Testing Machine* (UTM) pada kecepatan alat 10 mm/menit (Asngad & Syalala, 2018).

## (3) Analisis warna

Pengujian warna dilakukan dengan alat Spectrophotometer CM-5 Konica Minolta Sensing (Singapore) dengan aplikasi SpectraMagic NX pro. Pengukuran sampel kemasan diatur menggunakan tipe *reflectance* (Markovic et al., 2020)

# Hasil dan pembahasan

## Sifat morfologis kemasan



**Gambar 1.** Perbedaan visual kemasan PET/Al/Nylon/CPP dengan perbesaran 200x setelah diproses pada 121 °C/0,8 bar selama 9 menit pada permukaan dalam (A) dan melintang (B)



Kemasan retort pouch multilayer PET/Al/Nylon/PP dilakukan analisis visual sebelum dan sesudah diproses. Sampel RP kontrol bagian permukaan dalam dan melintang pada Gambar A1 dan A2 (atas) dan Gambar B1 dan B2 (bawah) tidak menunjukkan rusak. Namun ketika diproses pada 121 °C 0,8 bar selama 9 menit, RP kontrol berbeda dengan kemasan yang diisi empal gentong. Sampel kemasan RP menunjukkan lipatan atau kerutan pada bagian permukaan dalam (Gambar A1) dan delaminasi pada penampang melintang (Gambar B1). Delaminasi adalah salah satu kerusakan pada polimer berupa pemisahan bagian. Delaminasi sebagai akibat dari proses suhu tinggi terjadi antara lapisan PET dan aluminium foil.

Hal tersebut sejalan dengan penelitian Júnior et al., 2020 yang mempelajari pengaruh proses dengan variasi suhu 25 °C - 90 °C, tekanan 600 Mpa dan 0,1 MPa selama 10 menit. Hasil menunjukkan bahwa delaminasi terjadi antara layer PP dan aluminium foil. Kandungan unsur pada kemasan RP yang terdeteksi EDX yaitu C (karbon), O (oksigen) dan Al (Aluminium), dimana unsur C sangat mendominasi. Unsur C, O dan Al berasal dari komponen penyusun retort pouch multilayer.

Pada sampel RP kontrol menunjukkan kandungan unsur C sebesar 87,3% atom. Sampel yang diproses pada suhu 121 °C tekanan 0,8 bar selama 9 menit menunjukkan unsur C berkurang menjadi 82,4% atom. Pemutusan ikatan polimer akibat delaminasi antar layer kemasan memungkinkan perubahan jumlah atom C, O dan Al setelah diproses dengan suhu tinggi. Perlakuan termal dengan peningkatan temperatur reaksi akan meningkatkan reaksi perengkahan (dekomposisi) dimana reaksi ini melibatkan proses pemutusan rantai hidrokarbon dan terdegradasi (Eldwita et al., 2020). Hal tersebut memungkinkan terjadinya migrasi senyawa kimia didalam polimer yang dapat berinteraksi dengan bahan pangan selama proses dan penyimpanan (Bhunia et al., 2013).

Pada sampel kemasan kontrol, terdeteksi unsur O sebanyak 10,3% atom sedangkan setelah diproses pada suhu 121 °C terjadi perubahan menjadi 12,9% atom. Peningkatan jumlah atom juga terjadi pada unsur Al. Sampel kontrol terdeteksi Al 2,5% atom, sedangkan pada kemasan dengan proses suhu 121 °C tekanan 0,8 bar selama 9 menit menjadi 4,7% atom. Kondisi ini menunjukkan bahwa semakin meningkatnya temperatur pada proses tersebut memungkinkan terjadi transformasi fasa dari struktur dua fasa menjadi satu fasa. Unggul et al., 2018 menambahkan bahwa pembentukan fasa komposisi logam bisa terbentuk jika terdiri atas dua unsur atau lebih, serta memiliki perbedaan jari-jari atom selanjutnya membentuk larutan padat salah satu fasa. Pemutusan rantai dan transformasi fasa tersebut memungkinkan perubahan unsur Al yang terdeteksi setelah kemasan RP diproses pada suhu 121 °C. Proses transformasi fasa yang menghasilkan satu fasa juga berdampak pada penurunan kekuatan bahan kemasan khususnya kekuatan sobek (Tabel 1).

### **Sifat mekanik kemasan**

**Tabel 1.** Sifat mekanik kemasan

Sampel	Kuat tarik (Mpa)	Kuat sobek (Mpa)
RP kontrol	51,10±2,50 <sup>A</sup>	18,92±1,36 <sup>A</sup>
RP 121 °C /0,8 bar 9 min	55,80±5,79 <sup>A</sup>	13,82±1,93 <sup>B</sup>
Nilai-p t-test	0,2510	0,0060

Keterangan: Nilai dinyatakan sebagai rata-rata±standar deviasi. Perbedaan notasi menunjukkan perbedaan signifikan ( $p < 0,05$ ). RP kontrol = sampel kemasan tanpa proses sterilisasi. RP 121 °C /0,8 bar 9 min = sampel kemasan empal gentong yang diproses sterilisasi suhu 121 °C, tekanan 0,8 bar selama 9 menit

Sifat mekanik kemasan ditentukan berdasarkan kuat tarik dan kuat sobek. Kuat tarik dihitung berdasarkan beban maksimum pada saat sampel kemasan patah, sedangkan kuat sobek yaitu merupakan gaya yang digunakan untuk menyobek kemasan pada kondisi standar (Dewi et al., 2021). Hasil penelitian menunjukkan kuat tarik antara sampel RP kontrol dan sampel RP berbeda secara tidak signifikan (Tabel 1). Hal tersebut dimungkinkan oleh adanya perekat antar layer kemasan, sehingga menyebabkan kemasan tidak mudah putus ketika direntangkan dan ditarik pada sisinya secara berlawanan (Asngad & Syalala, 2018). Beban maksimum ( $F_{max}$ ) rata-rata pada RP kontrol yaitu pada kisaran 27.54 N dengan elongasi

30.63%. Pada sampel RP 121 °C 0,8 bar 9 min menunjukkan Fmax 30,91 N dengan elongasi 25,55%. Kuat tarik tersebut mempengaruhi Fmax yang lebih besar dan penurunan elongasi. Kemasan dengan kuat tarik yang tinggi bisa melindungi produk dari gangguan mekanis sehingga kerusakan produk menjadi minimal.

Perbedaan yang signifikan ( $p < 0,05$ ) ditunjukkan pada sifat kuat sobek (*tear strength*). Proses termal 121 °C 0,8 bar 9 min menurunkan kekuatan sobek kemasan *retort pouch* PET/Al/Nylon/PP. Fmax dan % elongasi rata-rata pada RP kontrol yaitu 25,87 N dan 31,90%, sedangkan pada RP 121 °C 0,8 bar 9 min yaitu Fmax 20,49 N dengan % elongasi 15,61%. Penurunan kuat sobek pada RP 121 °C 0,8 bar 9 min dipengaruhi oleh proses degradasi salah satu komposisi bahan pada kemasan yaitu PET. Proses degradasi PET pada suhu 110 °C dan 120 °C terjadi pada kemasan tetapi relatif lebih lambat dibandingkan suhu 140 °C. Proses suhu tinggi menyebabkan perubahan patahan permukaan (*fracture surface*) (Panowicz et al., 2021). Perubahan % elongasi juga dipengaruhi oleh sifat elastis suatu bahan. Bahan Nylon pada kemasan RP yang diproses suhu tinggi terjadi perubahan sifat elastis pada area deformasi plastik (Djukic et al., 2020). Pengaruh suhu kristalisasi pada fasa kristalin material polimer PP di komposisi penyusun RP menyebabkan menjadi lebih mudah rapuh (getas) sehingga menurunkan kekuatan sobek setelah diproses pada suhu 121 °C (Rivera-armenta et al., 2022)

### Perubahan warna kemasan setelah suhu proses sterilisasi

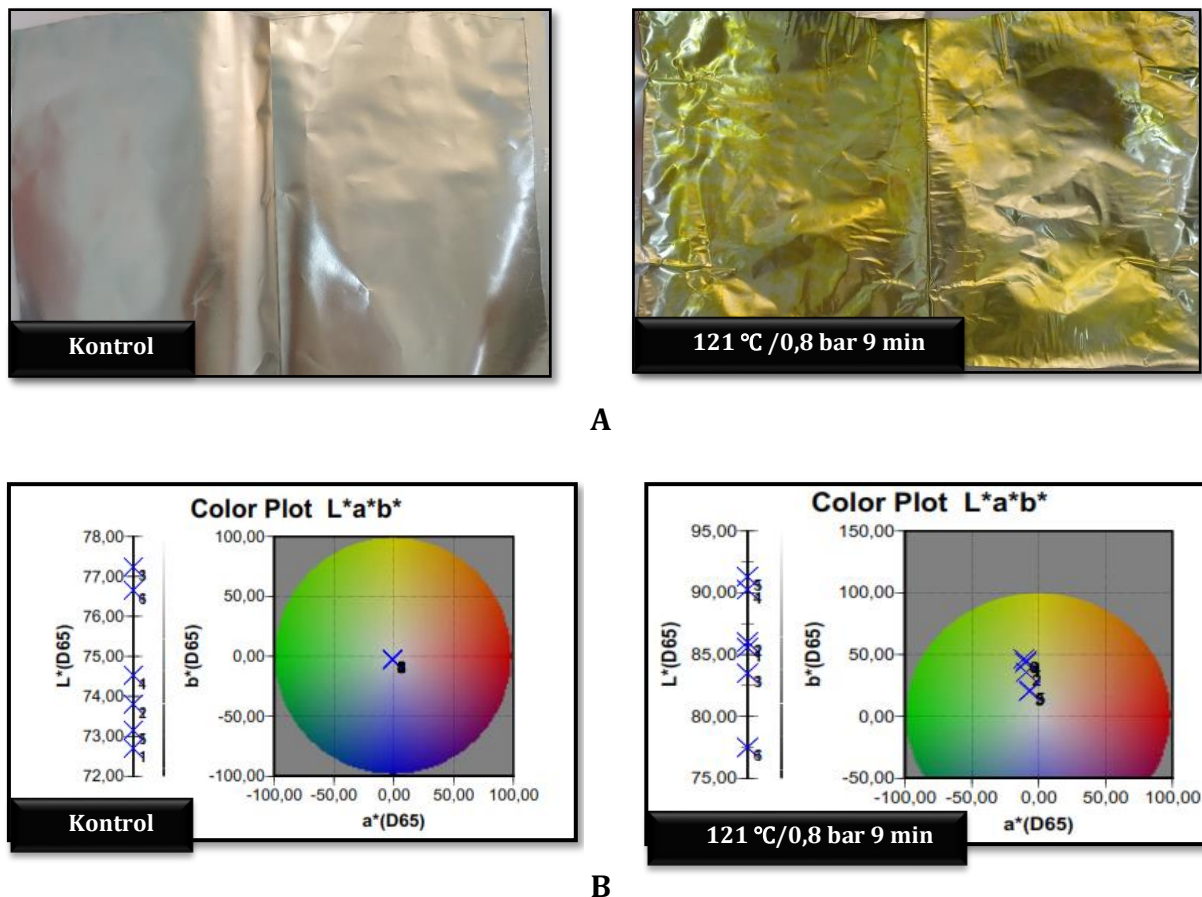
Tabel 2. Perubahan warna kemasan

Sampel	L*	a*	b*
RP kontrol	74,68±1,87 <sup>A</sup>	-1,13±0,07 <sup>A</sup>	-2,75±0,24 <sup>A</sup>
RP 121 °C /0,8 bar 9 min	85,69±4,99 <sup>B</sup>	-8,83±1,78 <sup>B</sup>	33,13±11,90 <sup>B</sup>
Nilai- <i>p</i> t-test	0,0004	0,0001	0,0001

Keterangan: Nilai dinyatakan sebagai rata-rata±standar deviasi. Perbedaan notasi menunjukkan perbedaan signifikan ( $p < 0,05$ )

Perubahan warna yang terjadi setelah kemasan produk diproses 121 °C 0,8 bar selama 9 menit, khususnya bagian dalam kemasan yang mengalami kontak dengan empal gentong (Tabel 2). Warna kuning yang menempel pada bagian dalam kemasan berasal dari pigmen kurkumin dari kunyit sebagai salah satu rimpang dalam pembuatan empal gentong. Pada proses pemasakan empal gentong, kunyit yang digunakan untuk pembuatan bumbu yaitu sekitar 200 – 250 gram/1 kg bumbu. Pigmen warna kurkumin pada kunyit menempel pada matriks polimer kemasan melalui mekanisme penyerapan adsorpsi (Lestari et al., 2020). Pada proses termal 121 °C laju adsorpsi semakin meningkat, sehingga terjadi perpindahan massa pigmen kurkumin secara molekular ke dalam lapisan matriks polimer yang kontak dengan makanan.

Gambar visual bagian dalam kemasan setelah proses suhu sterilisasi ditunjukkan pada Gambar A2 dengan warna kuning menempel hampir disemua bagian kemasan dalam. Setiap lapisan di kemasan multilayer saling berkaitan dan menunjang satu sama lain. Selain itu masing-masing layer pada kemasan *retort pouch* dengan lapisan penyusun PET/Al/Nylon/PP mempunyai fungsi yang spesifik. Di antaranya yaitu ketahanan terhadap gas/aroma, kelembaban, panas serta sifat penghalang tinggi (*high barrier*) (Júnior et al., 2020). Oleh karena itu, molekul zat warna sulit menembus bagian luar kemasan. Hasil uji dengan raung warna CIELAB untuk mengukur warna objek ditampilkan pada Gambar B2. Model warna L\*a\*b\* terdiri atas tiga komponen L\* (*lightness*) yang dimulai dari nilai 0 (hitam) sampai 100 (putih), a\* mewakili tingkat warna merah (0-60) dan hijau (0 – (-60) dan komponen b\* mewakili kuning (0-60) dan biru 0 – (-60) (Kusumaningrum et al., 2019).



Gambar 2. Perubahan warna pengemas empal gentong bagian dalam setelah proses suhu tinggi (A= pengamatan visual, B = Metode CIELAB)

## Kesimpulan

Pada penelitian ini, suhu proses sterilisasi mempengaruhi sifat morfologis dan mekanik antara kemasan kontrol dan kemasan produk empal gentong. Sampel kemasan produk empal gentong mengalami lipatan kecil pada bagian permukaan dan pemisahan antara lapisan PET dan alumunium foil (delaminasi) secara mikroskopis. Berdasarkan sifat mekanik, kuat tarik kemasan produk empal gentong sterilisasi mengalami perbedaan yang tidak signifikan dari sampel kontrol. Perbedaan yang signifikan ( $p < 0,05$ ) ditunjukkan pada sifat kuat sobek (*tear strength*). Pengaruh suhu proses sterilisasi juga mengakibatkan perubahan warna yang signifikan ( $p < 0,05$ ) khususnya bagian dalam kemasan yang mengalami kontak dengan empal gentong. Namun, setiap lapisan di kemasan multilayer saling berkaitan dan menunjang satu sama lain, sehingga molekul zat warna dari komposisi bahan di produk sulit menembus bagian luar kemasan.

## Ucapan terima kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Program Prioritas Riset Nasional (PRN) LPDP tahun 2020 dan Laboratorium Teknologi Pangan Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Gajah Mada.

## Daftar pustaka

- Ananda, R., & Fadhli, M. (2018). *Statistik Pendidikan "Teori dan Praktik dalam Pendidikan"* (M. S. Syarbaini Saleh, S.Sos (ed.)). CV. Widya Puspita.
- Asngad, A., & Syalala, Y. (2018). Kekuatan tarik dan kekuatan sobek kertas dari alang-alang melalui proses organosolv dengan pelarut etanol dan lama pemasakan yang berbeda. *Seminar Nasional Pendidikan Biologi dan Saintek III, 2011*, 99–106.

- Bhunia, K., Sablani, S. S., Tang, J., & Rasco, B. (2013). Migration of chemical compounds from packaging polymers during microwave, conventional heat treatment, and storage. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 12(5), 523–545. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12028>
- BPOM. (2019). *Protokol validasi kecukupan panas proses pangan steril komersial yang disterilisasi setelah dikemas*. Direktorat Pengawasan Pangan Risiko Tinggi dan Teknologi Baru Deputi Bidang Pengawasan Pangan Olahan Badan Pengawas Obat dan Makanan RI.
- Chen, X., Kroell, N., Wickel, J., & Feil, A. (2021). Determining the composition of post-consumer flexible multilayer plastic packaging with near-infrared spectroscopy. *Waste Management*, 123, 33–41. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2021.01.015>
- Dewi, R., Rahmi, R., & Nasrun, N. (2021). Perbaikan sifat mekanik dan laju transmisi uap air edible film bioplastik menggunakan minyak sawit dan plasticizer gliserol berbasis pati sagu. *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*, 8(1), 61–77. <https://doi.org/10.29103/jtku.v10i1.4177>
- Djukic, S., Bocahut, A., Bikard, J., & Long, D. R. (2020). Mechanical properties of amorphous and semi-crystalline semi-aromatic polyamides. *Heliyon*, 6(4), 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e03857>
- Eldwita, K., Lestari, S. D., & Effendy, S. A. (2020). Effect of the amount of catalyst and temperature on the production of liquid fuel from used tyres using catalytic cracking method. *Jurnal Kinetika*, 11(02), 19–25.
- Kusumaningrum, A., Amri, A. F., Nurhikmat, A., Susanto, A., & Prayogi, S. (2022). Thermal processing and chemical characteristics of canned traditional foods based on beef: rawon, kuah gandul and empal gentong. *Proceedings of the 6th International Conference of Food, Agriculture, and Natural Resource (IC-FANRES 2021)*, 16, 1–6. <https://doi.org/10.2991/absr.k.220101.001>
- Kusumaningrum, A., Miftakhussolikah, Herawati, E. R. N., Susanto, A., & Ariani, D. (2019). Gluten-free snacks cheese stick based on mocaf (modified cassava) flour: Properties and consumer acceptance. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 251(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/251/1/012027>
- Lestari, A., Kurniawan, C., Nugraha, Y. N., & Sutikno, S. (2020). Kajian fotostabilitas senyawa kurkumin dengan penambahan ion logam Cu<sup>2+</sup> pada irradiasi sinar UV. *Al-Kimiya*, 7(2), 55–61. <https://doi.org/10.15575/ak.v7i2.9439>
- Júnior, L.M., Cristianini, M., Padula, M., & Anjos, C. A. R. (2019). Effect of high-pressure processing on characteristics of flexible packaging for foods and beverages. *Food Research International*, 119(August), 920–930. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.10.078>
- Júnior, L.M., Oliveira, L. M. de, Dantas, F. B. H., Cristianini, M., Padula, M., & Anjos, C. A. R. (2020). Influence of high-pressure processing on morphological, thermal and mechanical properties of retort and metallized flexible packaging. *Journal of Food Engineering*, 273, 1–7. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2019.109812>
- Markovic, I., Ilic, J., Markovic, D., Simonovic, V., & Kosanic, N. (2013). Color measurement of food products using CIE L \* a \* b \* and RGB color space. *Journal of Hygienic Engineering and Design*, 4, 50–53.
- Mugale, R., Patange, S. B., Joshi, V. R., Kulkarni, G. N., & Shirdhankar, M. M. (2018). Heat penetration characteristics and shelf life of ready to serve eel curry in retort pouch. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 7 (2), 89–100. <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2018.702.012>
- Nalini, P., J.J. Abraham, R., Appa Rao, V., Narendra Babu, R., Nobal Rajkumar, T., Rajkumar, R., & Kathiravan, R. S. (2018). Shelf-life of ready-to-eat retort processed pepper chicken. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 7 (3), 832–840. <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2018.703.097>
- Nurhikmat, A., Susanto, A., Kusumaningrum, A., Amri, A. F., & Masrurroh, E. (2020). Empal gentong and empal asem with packaged cans: Traditional foods from Cirebon. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 462(1), 1–6. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/462/1/012026>



- Panowicz, R., Konarzewski, M., Durejko, T., Szala, M., Łazinska, M., Czerwinska, M., & Prasula, P. (2021). Properties of Polyethylene Terephthalate (PET) after thermo-oxidative aging. *Materials*, 14(14), 3833,1-16. <https://doi.org/10.3390/ma14143833>
- Praharasti, A. S., Kusumaningrum, A., Khasanah, Y., Nurhayati, R., Nurhikmat, A., Susanto, A., & Suprapedi. (2019). Physicochemical properties and its relations of beef rendang inside retort pouch packaging in various temperature storage conditions. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 251(1), 1-9. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/251/1/012043>
- Rivera-Armenta, J. L., Salazar-Cruz, B. A., Espindola-Flores, A. C., Villarreal-Lucio, D. S., De León-Almazán, C. M., & Estrada-Martinez, J. (2022). Thermal and thermomechanical characterization of polypropylene-seed shell particles composites. *Applied Sciences (Switzerland)*, 12(16), 1-12. <https://doi.org/10.3390/app12168336>
- Setiyawan, A. I., Karimy, M. F., & Erwinda, Z. (2021). Karakteristik mikro struktur dan komposisi cangkang telur. *Prosiding Seminar Teknologi dan Agribisnis Peternakan VIII—Webinar: “Peluang dan Tantangan Pengembangan Peternakan Terkini Untuk Mewujudkan Kedaulatan Pangan” Fakultas Peternakan Universitas Jenderal Soedirman, Vol 8 (2021), 24-25 Mei 2021, ISBN: 978-602-52203-3-3 KARA*, 490–496. <http://jnp.fapet.unsoed.ac.id/index.php/psv/article/view/1197>
- Sharif, U., Sun, B., Islam, M. S., Majeed, K., Ibrahim, D. S., Adewale, O. O., Akhtar, N., Zaki, Z. I., & El-Bahy, Z. M. (2021). Fracture toughness analysis of aluminum (Al) foil and its adhesion with low-density polyethylene (lpde) in the packing industry. *Coatings*, 11(9),1079,1-22. <https://doi.org/10.3390/coatings11091079>
- Thomsen, T. B., Hunt, C. J., & Meyer, A. S. (2022). Influence of substrate crystallinity and glass transition temperature on enzymatic degradation of polyethylene terephthalate (PET). *New Biotechnology*, 69(February), 28–35. <https://doi.org/10.1016/j.nbt.2022.02.006>
- Triyannanto, E., Febrisiantosa, A., Kusumaningrum, A., Amri, A. F., Fauziah, S., Sulistyono, E. P., Dewandaru, B. M., Nurhikmat, A., & Susanto, A. (2022). The quality characteristics of ready-to-eat empal gentong affected by meat pre-cooking. *Food Science of Animal Resources*, 42(4), 557–565. <https://doi.org/10.5851/kosfa.2021.e70>
- Unggul, H. M., Ardhyanta, H., & Wibisono, A. T. (2019). Analisis pengaruh komposisi aluminium (Al) terhadap struktur mikro, kekerasan dan laju korosi anoda tumbal berbasis seng (Zn) untuk kapal dengan metode pengecoran. *Jurnal Teknik ITS*, 7(2),310-314. <https://doi.org/10.12962/j23373539.v7i2.31835>