

PEMBUATAN DAN PELAPISAN BERWARNA PAPAN PARTIKEL SERBUK KAYU DENGAN POLIESTER MENGGUNAKAN RADIASI-UV

Darsono, Sugiarto Danu, dan Anik Sunarni

Pusat Aplikasi Teknologi Isotop dan Radiasi, BATAN

ABSTRAK

PEMBUATAN DAN PELAPISAN BERWARNA PAPAN PARTIKEL SERBUK KAYU DENGAN POLIESTER MENGGUNAKAN RADIASI-UV. Penelitian pembuatan dan pelapisan berwarna poliester pada permukaan papan partikel serbuk kayu dilakukan dengan proses pemadatan (*curing*) radiasi ultra-violet (UV). Perekat yang digunakan adalah residu eugenol dan residu isoeugenol yang terdapat pada hasil samping penyulingan minyak cengklik. Serbuk kayu kering (20 - 40 mesh) dicampur perekat dengan konsentrasi 16 % berat campuran. Campuran ditekan pada tekanan 160, 170, dan 180 kg/cm², suhu 160 °C selama 30 menit. Papan partikel yang dihasilkan mempunyai sifat : densitas 0,85 - 0,92 g/cm³, kadar air 5,4 - 6,8 % dan pengembangan tebal 45-62 % (perendaman 2 jam) dan tidak dapat dilakukan pengukuran pada perendaman 24 jam karena rapuh. Nilai keteguhan patah 64 - 71 kgf/cm², keteguhan lentur 402 - 447 kgf/cm² dan keteguhan rekat internal 0,52-0,57 kgf/cm². Lapisan poliester yang dicampur fotoinisiator dengan konsentrasi 2 dan 3 %, konsentasi pewarna 1 dan 2 % berat resin poliester pada papan partikel dan diiradiasi UV pada kecepatan 1 - 4 m/min mempunyai kekerasan pendulum 25,0 - 63,9 detik, kekerasan pensil HB-2H, % tinggal pada pengukuran adesi 92 - 100 %, kilap 42,3 - 58,8 % dan nilai warna, L: 54,3- 73,9, a: -1,3 - 1,9 dan b : 0,4 - 3,3. Lapisan tahan terhadap bahan kimia, pelarut dan noda yang diujikan kecuali terhadap natrium hidroksida 10 % dan noda spidol permanen warna merah.

ABSTRACT

PREPARATION AND PIGMENTED POLYESTER COATING OF SAW DUST PARTICLE BOARD USING UV-RADIATION. Experiments on the preparation and pigmented polyester coating of saw dust particle board have been conducted using ultra-violet (UV) radiation curing. The adhesive used for preparation of particle board was the mixture of eugenol and isoeugenol residue as by product of clover oil distillation. Dry saw dust (20 - 40 mesh) was mixed with adhesive at concentration of 16 % b.w. The mixture then was hot pressed at 160, 170, and 180 kg/cm², temperature of 160°C for 30 min. Particle boards obtained have the density of 0.85 - 92 g/cm³, water content of 5.4 - 6.8 % and thickness swelling 45 - 62 % (2 hr imersion) and unmeasurable for 24 hr immersion due to brittle condition. It was found that particleboards have properties of modulus of rupture = 64 - 71 kgf/cm², modulus of elasticity = 402 - 447 kgf/cm², and internal bond of 0.52 - 0.57 kgf/cm². Cured coating made of the mixture of polyester resin, photoinitiator (2 and 3 % b.w) and pigment (1 and 2 % b.w) on particleboard and irradiated at 1 - 4 m/min have pendulum hardness = 25.0 - 63.9 sec, pencil hardness = HB - 2H, % remaining = 92 - 100 %, glossy = 42.3 - 58.8 %, and color value of L = 54.3 - 73.9, a = -1.3 - 1.9, and b = 0.4 - 3.3. The cured coatings resist to chemical, solvent and stain, except against 10 % NaOH solution and red permanent marker stain.

PENDAHULUAN

Industri kayu lapis yang menggunakan teknologi padat karya di Indonesia cenderung menghasilkan limbah kayu sangat besar, yaitu, berkisar antara 45 - 55 % [1]. Dalam industri pengolahan kayu gelondongan menjadi produk akan terbentuk limbah berupa potongan dan kulit kayu sekitar 60 % sedangkan sisanya adalah serbuk kayu sebanyak 40 % [2]. Limbah tersebut dapat mencemari lingkungan jika tidak dapat dimanfaatkan atau dikelola dengan baik.

Meningkatnya kebutuhan bahan bangunan, bahan konstruksi dan mebel dewasa ini memacu dilakukannya berbagai usaha untuk memanfaatkan serbuk kayu. Serbuk kayu jika dicampur bahan

perekat kemudian dicetak dan ditekan akan dapat menghasilkan komposit berupa papan partikel. Beberapa penelitian pembuatan papan partikel berbasis serbuk kayu telah dilakukan menggunakan beberapa jenis perekat, di antaranya perekat resin poliester [3]. Pada umumnya perekat yang dipakai untuk produksi papan partikel adalah urea formaldehida, fenol formaldehida dan perekat isosianat [4]. Salah satu perekat yang diharapkan dapat dipakai untuk pembuatan komposit papan partikel adalah residu eugenol. Residu eugenol terdapat dalam hasil samping penyulingan minyak atsiri, yaitu minyak cengkoh [5]. Pada proses produksi minyak cengkoh dengan proses distilasi, eugenol terdapat pada larutan limbah yang terbuang dan jumlahnya cukup banyak. Serbuk kayu jika dicampur bahan perekat tersebut kemudian dicetak dan ditekan sambil dipanaskan akan menghasilkan komposit berupa papan partikel.

Pada umumnya, semua produk dari papan partikel terutama untuk mebel, bahan bangunan dan peralatan audio-visual selalu melalui proses perlakuan pelapisan permukaan untuk proteksi dan dekorasi. Resin poliester tak jenuh banyak dipakai untuk bahan pengisi (*filler*), bahan pelapis dasar, dan bahan pelapis atas permukaan papan kayu karena harganya relatif murah dan tersedia di dalam negeri. Bahan pelapis tersebut mempunyai sifat keras, dan tahan terhadap pelarut dan panas [6]. Beberapa penelitian penggunaan radiasi UV untuk pelapisan permukaan papan kayu telah dilakukan, misalnya optimasi konsentrasi fotoinisiator dan aplikasinya pada pelapisan permukaan papan kayu [7-9].

Dalam penelitian ini dilakukan pembuatan papan partikel serbuk kayu menggunakan bahan perekat campuran residu eugenol dan residu isoeugenol dengan proses penekanan sambil dipanaskan. Papan partikel yang dihasilkan pada kondisi optimum selanjutnya dilapisi bahan pelapis poliester yang sudah dicampur pewarna, dan proses pengeringan/pemadatan dilakukan menggunakan radiasi UV. Parameter yang diukur meliputi sifat-sifat fisik dan mekanik papan partikel dan lapisan hasil iradiasi.

METODOLOGI

Bahan. Serbuk gergaji diperoleh dari perusahaan penghasil bahan bangunan dari kayu. Resin eugenol dan isoeugenol diperoleh dari pabrik minyak cengkoh PT. Djasula Wangi, Cileungsi, Bogor. Resin poliester yang dipakai buatan PT. Justus Sakti Raya Corporation, Jakarta, sedangkan pewarna merupakan dispersi titandioksida dalam poliester.

Alat. Peralatan yang dipakai terdiri dari ayakan 20 dan 40 mesh, cetakan terbuat dari besi berukuran 25 cm x 25 cm x 2 cm dan alat tekan buatan Toyoseiki, Jepang. Iradiasi dilakukan menggunakan sinar UV buatan IST Strahlentechnik GmbH, Jerman.

Metode. Serbuk kayu dikeringkan menggunakan sinar matahari sampai kadar air mencapai 3 – 4 %. Perekat dibuat dengan mencampur residu eugenol (RE) dan residu isoeugenol (RIE) dengan

perbandingan berat 1 : 1. Serbuk kayu kering dicampur perekat dengan konsentrasi 16 % berat campuran, diaduk sampai homogen, kemudian ditekan pada variasi tekanan 160, 170, dan 180 kg/cm², suhu 160⁰C selama 30 menit. Tebal papan partikel yang diperoleh berkisar antara 0,79 – 0,92 cm. Parameter yang diukur meliputi kadar air, densitas, pengembangan tebal (perendaman 2 jam dan 24 jam), keteguhan patah, keteguhan lentur, dan keteguhan rekat internal. Pengukuran sifat mekanik dilakukan menggunakan alat *Universal Testing Machine Instron*, pada kecepatan tarikan 10 mm/menit di Departemen Teknologi Hasil Hutan, IPB, Bogor. Papan partikel yang dihasilkan dilapisi resin poliester yang sudah diberi pewarna (1 dan 2 %), dan fotoinisiator 2,2 dimetil-2-hidroksi asetofenon (2 dan 3 %), kemudian diiradiasi sinar UV pada kecepatan konveyor 1 sampai dengan 4 m/menit. Sifat lapisan yang diukur meliputi kilap, kekerasan, adesi dan nilai warna. Kilap 60⁰ diukur menggunakan glossmeter U (Toyoseiki), kekerasan pendulum dilakukan dengan *Pendulum hardness Rocker* (Sheen Instrument Ltd. Inggris), dan nilai warna diukur menggunakan *Chromameter CR 2006* (Minolta).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 1 menunjukkan sifat fisik papan partikel (kadar air, densitas dan pengembangan tebal) pada berbagai kadar perekat dan tekanan. Semakin tinggi tekanan, semakin rapat papan partikel sehingga semakin tinggi densitas. Densitas berkisar antara 0,85 – 0,92 g/cm³. Densitas papan partikel berpengaruh pada kadar air. Semakin tinggi densitas, semakin rapat papan partikel. Kerapatan yang tinggi menyebabkan pori semakin kecil. Dengan demikian, penetrasi air yang dapat masuk juga semakin sedikit sehingga kadar air dalam papan partikel menjadi rendah. Kadar air contoh uji berkisar antara 5,4 – 6,8 %. Hal yang sama terlihat pada sifat pengembangan tebal. Sifat pengembangan tebal berkaitan dengan kestabilan dimensi. Pengembangan tebal pada perendaman 2 jam adalah 45 – 62 % pada perendaman selama 24 jam tidak dapat diukur karena contoh uji rapuh. Dari data pada Tabel 1 terlihat bahwa kadar air dan densitas memenuhi standar sedangkan pengembangan tebal tidak memenuhi standar. SNI mensyaratkan nilai kadar air ≤ 14 %, densitas 0,5 – 0,9 g/cm³, dan pengembangan tebal < 10 % (perendaman 2 jam).

Tabel 1. Kadar air, densitas dan pengembangan tebal papan partikel dengan kadar perekat 16 % dan variasi tekanan 160, 170 dan 180 kg/cm². Penekanan dilakukan pada suhu 160⁰C selama 30 menit.

| Tekanan (kg/cm ²) | Kadar air (%) | Densitas (g/cm ³) | Pengembangan tebal (%) | |
|----------------------------------|------------------|----------------------------------|------------------------|----------------------|
| | | | Perendaman 2 jam | Perendaman 24 jam |
| 160 | 6,8 | 0,85 | 72 | * |
| 170 | 5,4 | 0,88 | 69 | * |
| 180 | 5,4 | 0,92 | 55 | * |

* Tidak dapat diuji karena contoh uji rapuh setelah perendaman

Sifat mekanik (keteguhan patah, keteguhan lentur dan keteguhan rekat internal) disajikan pada Tabel 2. Pada umumnya, kecenderungan sifat mekanik papan partikel berkaitan erat dengan sifat fisiknya. Semakin tinggi tekanan dan kadar perekat, semakin tinggi sifat mekaniknya. Nilai keteguhan patah meningkat dengan kenaikan tekanan dari 160 menjadi 180 kg/cm². Kecenderungan ini juga terlihat pada keteguhan lentur, yaitu, semakin tinggi tekanan, semakin tinggi densitas dan semakin kaku papan partikel sehingga semakin tinggi keteguhan lenturnya [10]. Keteguhan patah berkisar antara 64 – 71 kgf/cm², keteguhan lentur 402 – 447 kgf/cm², sedangkan keteguhan rekat internal 0,50 – 0,57 kgf/cm². Sifat mekanik papan partikel yang dihasilkan belum memenuhi standar karena lebih rendah dari yang disyaratkan. SNI mensyaratkan nilai keteguhan patah > 100 kgf/cm², keteguhan lentur 10.000 kgf/cm², sedangkan keteguhan rekat internal > 6 kgf/cm².

Tabel 2. Keteguhan patah, keteguhan lentur dan keteguhan rekat internal papan partikel dengan kadar perekat 16 % dan variasi tekanan 160, 170 dan 180 kg/cm². Penekanan dilakukan pada suhu 160°C selama 30 menit.

| Tekanan (%) | Keteguhan patah (kgf/cm ²) | Keteguhan lentur (kgf/cm ²) | Keteguhan rekat internal (kgf/cm ²) |
|-------------|--|---|---|
| 160 | 64 | 402 | 0,52 |
| 170 | 69 | 431 | 0,50 |
| 180 | 71 | 447 | 0,57 |

Sifat fisik dan mekanik lapisan pada sistem pemanfaatan (*curing*) menggunakan radiasi UV dipengaruhi polimer ikatan silang yang terjadi pada lapisan. Ikatan silang yang terjadi dipengaruhi beberapa faktor yaitu, fotoinisiator (jenis dan konsentrasi), radiasi UV (panjang gelombang), pewarna (jenis dan konsentrasi) serta jumlah iradiasi [11]. Kekerasan dan adesi lapisan hasil iradiasi sinar UV disajikan pada Tabel 3. Kenaikan konsentrasi fotoinisiator dari 2 menjadi 3 % meningkatkan kekerasan, baik kekerasan pendulum maupun kekerasan pensil, tetapi tidak terlihat pengaruh kadar pewarna pada kekerasan. Semakin tinggi kecepatan konveyor, semakin sedikit radiasi UV yang diterima sehingga semakin rendah kekerasan lapisan. Kekerasan pendulum antara 25,0 – 63,9 detik, kekerasan pensil HB – 2H. Nilai % tinggal semua contoh uji > 50 % sehingga adesi lapisan memenuhi standar.

| Pembentukan ikatan silang (%) | Penambahan fotoinisiator (%) | Kekerasan | | | Tabel 3 (%) |
|-------------------------------|------------------------------|-----------|---------|--------|----------------|
| | | Pendulum | Gantung | Pensil | |
| * | 2 | 21 | 28,0 | 8,8 | 160 |
| * | 3 | 60 | 28,0 | 8,8 | 170 |
| * | 2 | 22 | 29,0 | 9,2 | 181 |

*asumsi bahwa jika defleksi diperlakukan sebagai konstan maka $\eta = \frac{1}{2} \cdot \frac{L^2}{t^2}$

Tabel 3. Kekerasan dan adesi lapisan poliester hasil iradiasi UV pada permukaan papan partikel (kadar perekat 16 %) dengan variasi konsentrasi fotoinisiator, pewarna dan kecepatan konveyor.

| Konsentrasi fotoinisiator, % | Konsentrasi pewarna, % | Kecepatan konveyor, m/men. | Kekerasan | | Adesi, % tinggal |
|------------------------------|------------------------|----------------------------|-----------|-----------------|------------------|
| | | | Pensil | Pendulum, Detik | |
| 2 | 1 | 1 | H | 37,3 | 100 |
| | | 2 | H | 32,2 | 100 |
| | | 3 | H | 28,1 | 100 |
| | | 4 | HB-F | 25,4 | 100 |
| | 2 | 1 | H | 35,6 | 100 |
| | | 2 | H | 28,8 | 100 |
| | | 3 | F | 26,1 | 98 |
| | | 4 | HB | 25,0 | 100 |
| 3 | 1 | 1 | 2H | 63,8 | 100 |
| | | 2 | 2H | 48,4 | 94 |
| | | 3 | F | 48,9 | 99 |
| | | 4 | F | 35,7 | 100 |
| | 2 | 1 | 2H | 63,9 | 92 |
| | | 2 | F | 52,0 | 94 |
| | | 3 | F | 49,1 | 93 |
| | | 4 | F | 32,3 | 100 |

Kilap dan nilai warna lapisan disajikan pada Tabel 4. Pada umumnya konsentrasi fotoinisiator dan kecepatan konveyor tidak memengaruhi kilap lapisan. Kilap pada konsentrasi pewarna 1% relatif lebih tinggi dibanding kilap pada konsentrasi 2 %. Nilai kilap berkisar antara 42,3 dan 58,8 %. Konsentrasi pewarna berpengaruh pada nilai warna. Semakin tinggi konsentrasi pewarna, semakin tinggi nilai warna L, karena L merupakan indikator untuk warna hitam (nilai 0) dan putih (nilai 100). Dengan konsentrasi pewarna 2 % permukaan papan partikel yang sebelumnya berwarna coklat dapat tertutup warna putih. Dari data pada tabel tersebut terlihat bahwa nilai warna L jauh lebih tinggi dibanding warna a (merah – hijau) dan warna b (biru – kuning). Konsentrasi fotoinisiator dan kecepatan konveyor tidak memengaruhi nilai warna. Lapisan mempunyai nilai warna L : 54,3 – 73,9 , a : -0,9 – 1,4 dan b: 0,4 – 3,3.

Ketahanan lapisan terhadap bahan kimia pelarut dan noda dapat diketahui dari adanya perubahan permukaan lapisan berupa penurunan kilap, pemutihan (perubahan menjadi warna putih), noda, pelunakan, terlepas dari permukaan substrat, atau penggembungan setelah pengujian. Lapisan tahan terhadap bahan kimia dan lain-lain jika tidak terjadi perubahan-perubahan tersebut. Pada umumnya lapisan tahan terhadap bahan kimia yang diujikan kecuali terhadap natrium hidroksida 10 % dan spidol permanen warna merah (Tabel 5). Natrium hidroksida menyebabkan penurunan kilap dan pemutihan sedangkan spidol merah menyebabkan noda merah setelah pengujian. b : 0,4 – 3,3 dan pada umumnya tahan terhadap bahan kimia, pelarut dan noda yang diujikan kecuali terhadap natrium hidroksida 10 % dan spidol permanen warna merah.

Tabel 4. Nilai warna dan kilap lapisan poliester hasil iradiasi UV pada permukaan papan partikel (kadar perekat 16 %) dengan variasi konsentrasi fotoinisiator, pewarna dan kecepatan konveyor.

| Konsentrasi fotoinisiator, % | Konsentrasi pewarna, % | Kecepatan konveyor, m/men. | Nilai warna | | | Kilap (60°), % |
|------------------------------|------------------------|----------------------------|-------------|------|-----|----------------|
| | | | L | a | b | |
| 2 | 1 | 1 | 59,0 | -1,0 | 1,0 | 50,0 |
| | | 2 | 59,3 | -0,6 | 1,7 | 48,3 |
| | | 3 | 59,1 | 1,9 | 1,5 | 51,4 |
| | | 4 | 59,6 | -0,9 | 0,4 | 52,9 |
| | 2 | 1 | 73,9 | -0,6 | 2,8 | 47,7 |
| | | 2 | 71,7 | 1,0 | 0,8 | 44,0 |
| | | 3 | 72,6 | 1,5 | 1,1 | 49,2 |
| | | 4 | 70,0 | 1,2 | 1,6 | 47,4 |
| 3 | 1 | 1 | 58,0 | -0,4 | 1,3 | 54,0 |
| | | 2 | 60,0 | 0,9 | 3,3 | 58,8 |
| | | 3 | 60,2 | 0,5 | 0,9 | 50,5 |
| | | 4 | 54,3 | 0,9 | 1,5 | 53,7 |
| | 2 | 1 | 71,4 | -1,3 | 0,8 | 48,3 |
| | | 2 | 71,2 | 1,4 | 1,8 | 50,2 |
| | | 3 | 72,5 | 0,9 | 1,2 | 47,8 |
| | | 4 | 71,4 | 1,8 | 1,0 | 42,3 |

Tabel 5. Ketahanan bahan kimia, pelarut dan noda lapisan poliester hasil iradiasi UV pada permukaan papan partikel (kadar perekat 16 %) dengan variasi konsentrasi fotoinisiator, pewarna dan kecepatan konveyor.

| Konsentrasi fotoinisiator, % | Konsentrasi pewarna, % | Kecepatan konveyor, m/men. | Bahan kimia dan pelarut | | | | | | Noda | | |
|------------------------------|------------------------|----------------------------|-------------------------|---|---|---|---|---|------|---|---|
| | | | A | B | C | D | E | F | G | H | I |
| 2 | 1 | 1 | + | + | = | + | + | + | * | + | + |
| | | 2 | + | + | = | + | + | + | * | + | + |
| | | 3 | + | + | = | + | + | + | * | + | + |
| | | 4 | + | + | = | + | + | + | * | + | + |
| | 2 | 1 | + | + | = | + | + | + | * | + | + |
| | | 2 | + | + | = | + | + | + | * | + | + |
| | | 3 | + | + | = | + | + | + | * | + | + |
| | | 4 | + | + | = | + | + | + | * | + | + |
| 3 | 1 | 1 | + | + | - | + | + | + | * | + | + |
| | | 2 | + | + | - | + | + | + | * | + | + |
| | | 3 | + | + | = | + | + | + | * | + | + |
| | | 4 | + | + | = | + | + | + | * | + | + |
| | 2 | 1 | + | + | - | + | + | + | * | + | + |
| | | 2 | + | + | = | + | + | + | * | + | + |
| | | 3 | + | + | = | + | + | + | * | + | + |
| | | 4 | + | + | = | + | + | + | * | + | + |

A : asam sulfat 10 % D : asam asetat 5 % G : spidol permanen merah
 B : natrium karbonat 1% E : etanol 50 % H : spidol permanen biru
 C : natrium hidroksida 10 % F : aseton I : spidol permanen hitam
 + : tanpa perubahan - : penurunan kilap = : pemutihan * : noda

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada PT. Djasula Wangi, yang telah memberikan limbah hasil penyulingan minyak cengkih untuk bahan perekat, dan Sdr. Sungkono dari Bidang Proses Radiasi, yang telah membantu proses pembuatan papan partikel, dan operator di Fasilitas Iradiasi yang telah membantu melakukan radiasi UV.

DAFTAR PUSTAKA

1. LAMBAGA, A., "Pola koordinasi sistem penelitian dan pengembangan kehutanan, produk industri kehutanan, produk terkait industri kehutanan di Indonesia dalam sudut pandang perusahaan bisnis", Prosiding Seminar Nasional III Masyarakat Peneliti Kayu Indonesia, MAPEKI-Fak. Kehutanan Universitas Winaya Mukti, Jatinangor (2001) xiii.
2. MAMAT, MARTOSUDIRO, S., DAN SUGIYANTO., "Pemanfaatan limbah serbuk kayu memenuhi kebutuhan energi proses pengeringan kayu di suatu industri pengolahan kayu", Seminar Nasional III Masyarakat Peneliti Kayu Indonesia, MAPEKI-Fak. Kehutanan Universitas Winaya Mukti, Jatinangor (2001) 481.
3. DANU, S., DARSONO., PADMONO., BETTY, A., "Pembuatan komposit campuran serbuk kayu – poliester – serat sabut kelapa untuk papan partikel", Risalah Seminar Pertemuan Ilmiah Penelitian dan Pengembangan APISORA, Puslitbang Teknologi Isotop dan Radiasi , BATAN, Jakarta (2001) 81.
4. MALONEY, T. M., Modern particle board & dry process fiberboard manufacturing, Miller Freeman Publication, San Francisco (1977).
5. GUENTHER, E., Minyak atsiri, Jilid I, Penerbit Universitas Indonesia, Jakarta (1987).
6. RECHEL, C. J., UV/EB Curing : Inks, Coatings and Adhesives, RadTech International North America, Northbrook, Illinois, 1995.
7. DANU, S., RAZZAK, T. R., DARSONO., and SAHROJI, A., "Optimization of photoinitiator concentration and its application on uv-curing of some wood panels", Proceedings of RadTech Asia 2007, Malaysian Nuclear Agency, Kuantan, Malaysia (2007) 149.
8. DANU, S., DARSONO., dan SUNARNI, A., "Pelapisan permukaan kayu lapis dengan polimer akrilat menggunakan radiasi ultra-violet", Jurnal Sains Materi Indonesia, Vol. 7, No. 3 (2007) 45.
9. DANU, S., DARSONO., and SUNARNI, A., "Surface coating of plywood with heat resistant radiation curable materials using uv-curing", Proceedings of RadTech Asia'03, RadTech Japan, Yokohama (2003) 489.
10. ROWELL, R. M., YOUNG, R. A., and ROWELL., J. K., Paper and Composites from Agro-Based Resources, Lewis Publishers, London (1977).
11. WICKS, Z. W and PAPPAS, S. P, "Effect of Pigmentation on UV Curing", Ed. by PAPPAS, S. P, Technology Marketing Corp., Norwalk (1988) 78.

OCUPACIÓN AMPLIA

“*Indonesia’s National Parks: A Review of the Status of Conservation and Management*”

DATA FESTA

“*Indonesia’s National Parks: A Review of the Status of Conservation and Management*”

“*Indonesia’s National Parks: A Review of the Status of Conservation and Management*”

“*Indonesia’s National Parks: A Review of the Status of Conservation and Management*”

“*Indonesia’s National Parks: A Review of the Status of Conservation and Management*”

“*Indonesia’s National Parks: A Review of the Status of Conservation and Management*”

“*Indonesia’s National Parks: A Review of the Status of Conservation and Management*”

“*Indonesia’s National Parks: A Review of the Status of Conservation and Management*”

“*Indonesia’s National Parks: A Review of the Status of Conservation and Management*”

“*Indonesia’s National Parks: A Review of the Status of Conservation and Management*”

“*Indonesia’s National Parks: A Review of the Status of Conservation and Management*”

ASPEK KEAMANAN PANGAN : UJI TOKSISITAS PANGAN SIAP SAJI STERIL RADIASI SECARA IN VITRO

Zubaidah Irawati

Pusat Aplikasi Teknologi Isotop dan Radiasi- BATAN

Jl. Lebak Bulus Raya No. 49, Pasar Jumat, Jakarta Selatan

Telp.021-7690709; Fax: 021-7691607

ABSTRAK

ASPEK KEAMANAN PANGAN : UJI TOKSISITAS PANGAN SIAP SAJI STERIL RADIASI SECARA IN VITRO. Keamanan pangan olahan dan siap saji yang diiradiasi dengan dosis tinggi perlu ditunjang data hasil uji toksisitas dan evaluasi risiko agar produk tersebut dapat diterima masyarakat. Uji secara in vitro pada pepes ikan mas dan rendang daging sapi yang diiradiasi dengan dosis 45 kGy dalam kemasan vakum PET/Al-foil/LLDPE dengan masa simpan 1-2 tahun telah diteliti. Darah manusia diambil dari relawan telah diambil dan diisolasi limfositnya serta dikultur di dalam ekstrak pangan siap saji untuk melihat proliferasi sel limfosit, yang diperkuat dengan uji kapasitas antioksidan dengan metode DPPH dan uji pembentukan radikal bebas menggunakan metode MDA. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa pangan siap saji yang diiradiasi dengan dosis 45 kGy dan disimpan sampai dengan 1,5 tahun tidak menunjukkan perbedaan yang nyata dengan kontrol sampel segar. Demikian pula hasil analisa kapasitas antioksidan menunjukkan bahwa kapasitas anti oksidan menurun dengan bertambahnya masa simpan sampai 2 tahun, dan nilai MDA meningkat dengan nyata pada kondisi yang sama.

Kata kunci : proliferasi limfosit, kapasitas anti oksidan, pembentukan radikal bebas

PENDAHULUAN

Makanan olahan siap saji di dalam kemasan yang dilaminasi dan divakum dapat disterilkan serta diawetkan dengan teknologi non-thermal (1 dan 2) seperti iradiasi sinar gamma pada dosis antara 25 – 45 kGy yang dikombinasi dengan suhu rendah (-79°C) selama proses pengolahan berlangsung (3 dan 4). Teknik iradiasi tersebut mampu menginaktivasi bakteri patogen termasuk bakteri berspora, sehingga dapat menghasilkan produk yang steril dan berkualitas serta tanpa mengurangi cita rasanya.

Di Indonesia, telah dilakukan penelitian iradiasi pada berbagai jenis makanan berbasis ikan, daging dan unggas. Komoditi tersebut masing-masing diolah menjadi makanan siap saji seperti pepes ikan mas, rendang sapi, opor dan kare ayam. Setiap jenis produk olahan kemudian dikemas di dalam kantung laminasi PET/Al-foil/LLDPE dalam kondisi vakum 80%, kemudian disterilkan dengan radiasi pengion pada dosis 45 kGy dalam kondisi beku (-79°C), selanjutnya disimpan pada suhu 28-30°C. Produk steril tersebut dapat bertahan selama 1,5 tahun tanpa mengalami penurunan kualitas dan nilai gizi yang berarti. (5 dan 6).

Kendala yang ada di masyarakat di dalam penerapan teknologi iradiasi sampai saat ini adalah keraguan tentang keamanan pangan iradiasi akibat pembentukan radikal bebas dan senyawa radikal turunannya yang bersifat kompleks. Kultur sel limfosit dapat digunakan sebagai model uji toksisitas karena limfosit adalah sel yang bertanggung jawab terhadap respon imun spesifik, dimana sel tersebut mempunyai kemampuan untuk mengenal berbagai macam antigen yang

berbeda. Lebih dari satu juta struktur antigenik dapat dibedakan karena kemampuan pengenalan yang dimiliki limfosit. Limfosit mempunyai fungsi yang paling beragam dibandingkan semua sel dalam sistem imun. Uji aktivitas sel limfosit dapat dilakukan secara *in vitro* dan merupakan indikator kualitas imun. Aktivitas imunostimulan dapat meningkatkan kemampuan proliferasi limfosit.

Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan data teknis dari uji keamanan pangan siap saji yang disterilkan dengan radiasi meliputi parameter pengukuran kandungan logam berat pada sampel, dan uji toksitas seperti proses netralisasi antar senyawa-senyawa radikal bebas (8-10) pada sistem seluler perifer secara *in vitro* dan uji biokimia terhadap kapasitas antioksidan dan radikal bebas. Sistem seluler perifer ini terdiri dari sel darah putih dan sel darah merah yang merupakan sistem sel yang sangat rentan dan merupakan sistem yang pertama kali bertemu dengan makanan setelah dicerna dan penyerapan melalui saluran pencernaan.

BAHAN DAN METODE

Bahan. Pangan siap saji yang diteliti ada 2 macam yaitu pepes ikan mas dan rendang daging sapi yang dibuat oleh salah satu industri jasaboga di Bekasi. Teknik pembuatan mengikuti *Standard Operating Prosedure* (SOP) yang telah dikembangkan dan dibakukan di laboratorium bahan pangan, bidang proses radiasi, PATIR BATAN. Bahan pengemas laminasi Poliester 12 μm /LDPE 2 μm /Al-foil 7 μm /LDPE 2 μm /LLDPE 50 μm dibeli dari industri pengemasan di Jakarta Timur. Eritrosit diisolasi dari darah perifer mahasiswa dewasa sehat, jenis kelamin laki-laki diambil secara aseptis oleh seorang perawat di Klinik Farfa Darmaga, Bogor. Bahan kimia bersifat pro analisa dan teknis digunakan di dalam penelitian ini.

METODE

1. Pengukuran kadar logam berat Fe, Mn, Cu, dan Zn pada pepes dan rendang iradiasi dosis 45 kGy.

Teknik pengambilan cuplikan sampel, preparasi larutan standar, dan pengukuran dengan spektrofoto-metri serapan atom (SSA) menggunakan metode nyala, serta pengolahan data mengacu pada metode yang dikembangkan oleh Muhyayatun dan Adventini (9) dan Hidayat A,dkk. (10) data yang diperoleh divalidasi melalui uji SRM NIST 1548a untuk Fe dan Zn; uji SRM NIST 1567a untuk Mn.

2. Uji proliferasi pepes dan rendang steril pada limfosit manusia secara *in vitro*

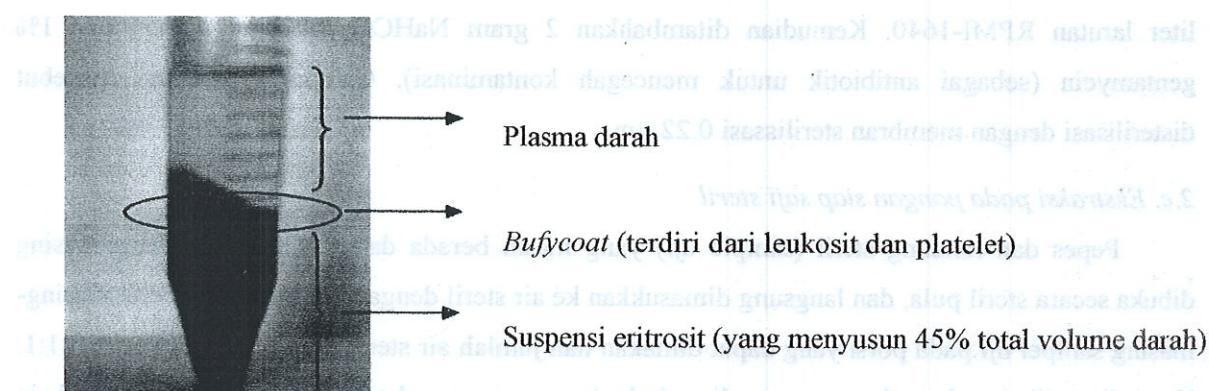
Pada prinsipnya, pengujian ini dilakukan dengan cara pengambilan preparat sampel berupa darah manusia sehat, limfositnya diisolasi dan dikultur pada media tertentu selanjutnya ditambahkan makanan siap saji iradiasi, diinkubasi selama 3 hari. Pengukuran dilakukan dengan alat ELISA reader pada panjang gelombang 540 nm.

Persiapan sampel darah dan ekstraksi pangan siap saji steril

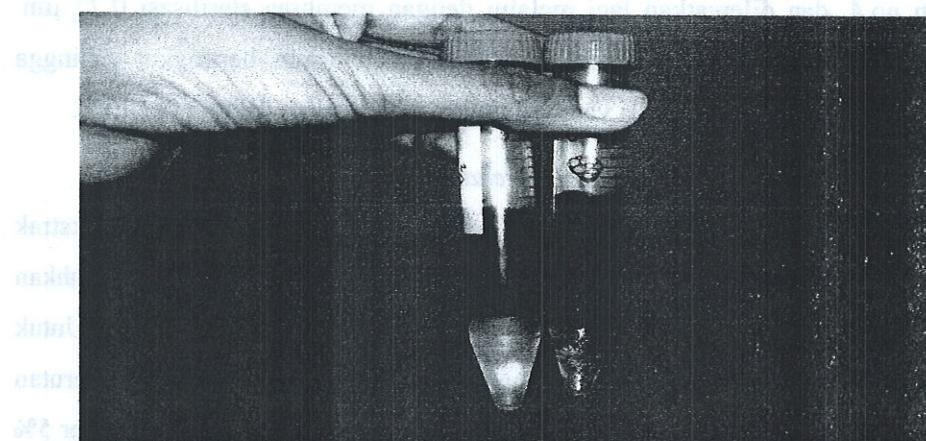
2.a. Isolasi limfosit darah tepi

Sel darah diisolasi dari darah perifer mahasiswa dewasa sehat, jenis kelamin laki-laki. Darah donor diambil sebanyak 7 ml secara aseptis oleh seorang perawat di Klinik Farfa Darmaga, Bogor. Darah yang sudah diambil dimasukkan dalam syringe 50 ml sebanyak 50 ml. Dari syringe, darah segera dimasukkan ke dalam tabung sentrifuse 50 ml yang di dalamnya telah diberi EDTA 0.1% agar darah tidak menggumpal dan pemasukkan darah ke dalam tabung dilakukan secara steril supaya tidak terkontaminasi oleh mikroba dari udara, ruangan dan pekerja.

Pemisahan limfosit awal dilakukan dengan sentrifuse sampel darah selama 10 menit pada 1500 rpm. Bagian darah yang lebih berat (sel darah merah) akan berada di bawah dan plasma akan berada pada bagian atas. Di antara lapisan sel darah merah dan plasma terdapat lapisan *buffycoat*, dimana lapisan tersebut sebagian besar berisi sel-sel limfosit. Terlihat ada 3 lapisan di dalam tabung (Gambar 1).



Gambar 1. Pemisahan sel darah manusia



Gambar 2. Penyaringan limfosit dengan histopaque

Lapisan *buffycoat* ini diambil dengan menggunakan pipet pasteur kemudian pemisahan sel limfosit dilakukan dengan menggunakan *Histopaque* (*buffycoat* : *Histopaque* = 1:1) (Gambar 2). Lapisan *buffycoat* dilewatkan secara hati-hati di atas *Histopaque* melalui dinding tabung sehingga terbentuk dua lapisan yang tidak bercampur kemudian dilakukan sentrifuse 2500 rpm selama 30 menit.

Sel-sel limfosit, monosit dan platelet tidak mempunyai densitas yang cukup tinggi untuk menembus *Histopaque* sehingga berada di bagian atas tabung sentrifuse, sedangkan granulosit berada di dasar tabung. Pencucian dilakukan dengan sentrifuse suspensi sel pada bagian atas, yang telah dicampur kembali dengan media RPMI standar sebanyak 5 ml, selama 10 menit 1000 rpm. Pencucian dilakukan 2 kali, sehingga limfosit terpisah dari platelet, monosit, plasma, dan *Histopaque*.

2.b. Persiapan media kultur sel

Media yang dipergunakan untuk kultur sel adalah RPMI-1640 (telah mengandung L-glutamine). Bubuk RPMI sebanyak 10.42 gram dilarutkan dalam *aquabidest*, sehingga diperoleh 1 liter larutan RPMI-1640. Kemudian ditambahkan 2 gram NaHCO₃ (sebagai *buffer*) dan 1% gentamycin (sebagai antibiotik untuk mencegah kontaminasi). Campuran larutan tersebut disterilisasi dengan membran sterilisasi 0.22 µm.

2.c. Ekstraksi pada pangan siap saji steril

Pepe dan rendang steril (sample uji) yang masih berada dalam kemasan masing-masing dibuka secara steril pula, dan langsung dimasukkan ke air steril dengan perbandingan berat masing-masing sampel uji pada porsi yang dapat dimakan dan jumlah air steril yang digunakan adalah 1:1. Kemudian dihancurkan dengan cara ditumbuk dengan mortar, kemudian disaring dengan kain saring, dan disentrifuse untuk memisahkan padatan dan cairannya. Kemudian disaring dengan kertas saring Whatman no.4, dan dilewatkan lagi melalui dengan membran sterilisasi 0.22 µm. Ekstrak dari masing-masing sampel uji langsung dilakukan pengenceran bertingkat sehingga diperoleh ekstrak dengan tiga variasi konsentrasi yang selanjutnya digunakan dalam penelitian.

2.d. Pengujian aktivitas proliferasi menggunakan ELISA reader

Suspensi sel ditepatkan jumlahnya menjadi 1×10^6 sel/ml. Mula-mula ditambahkan ekstrak pada masing-masing sumur sebanyak 25 µl triplo, *Phosphate Buffered Saline* (PBS) ditambahkan sejumlah 20 µl, kemudian suspensi sel dimasukkan ke dalam tiap sumur sebanyak 50 µl. Untuk kontrol standar, sumur hanya berisi media dan sel, sedangkan kontrol positif, ditambahkan larutan mitogen (Con A 10 µg/ml sebanyak 25 µl). Kultur diinkubasi pada suhu 37°C dengan atmosfer 5% CO₂, O₂ 95% dan RH 96% selama 36 jam. Enam jam sebelum masa inkubasi berakhir kultur ditambahkan dengan 10 µl larutan 3(4,5-dimethylthiazol-2-5-diphenyl-tetrazolium bromide) (MTT 0.5%) (dilarutkan dalam PBS).

Setelah masa inkubasi berakhir, $100\mu\text{l}$ HCl-isopropanol 0.04 N ditambahkan pada setiap sumur. Kemudian absorbansi masing-masing sumur diukur menggunakan ELISA reader pada panjang gelombang 570 nm. Nilai OD hasil pembacaan menggunakan ELISA reader bersifat proporsional terhadap jumlah sel yang hidup. Pengujian Indeks Stimulasi (I.S) dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$\text{I.S.} = \frac{\text{OD yang distimulasi dengan ekstrak}}{\text{OD pada kontrol negatif}}$$

$$\text{Persentase kenaikan} = (\text{I.S}-1) \times 100\%$$

3. Analisa secara biokimia terhadap pepes dan rendang steril

3.a. Pengujian aktivitas antioksidan dengan metode DPPH (*1,1-diphenyl-2-picrylhydrazil*) (11).

Analisis secara kimia terhadap kapasitas antioksidan dilakukan dengan menggunakan metode DPPH. Sebanyak 4 ml buffer asetat dicampur dengan 7.50 ml metanol dan $400\mu\text{l}$ larutan DPPH. Campuran kemudian divorteks. Setelah itu ditambahkan $100\mu\text{l}$ sampel atau larutan standar. Larutan kemudian divorteks dan didiamkan selama 20 menit di ruang gelap. Absorbansi (A) diukur pada panjang gelombang 517 nm. Kontrol negatif yang digunakan adalah metanol, sedangkan kontrol positif yang digunakan adalah asam askorbat dengan konsentrasi 0, 50, 100, 250, 500, dan 1000 ppm. Larutan asam askorbat 1000 ppm disiapkan sbb: 1000 mg Asam askorbat dengan kemurnian 99.7% dalam 1 liter larutan.

Kapasitas antioksidan diperoleh dengan menggunakan perhitungan sebagai berikut:

$$\text{Kapasitas antioksidan (\%)} = \frac{\text{Absorbansi kontrol negatif} - \text{Absorbansi sampel}}{\text{Absorbansi kontrol negatif}} \times 100\%$$

3.b. Analisa jumlah pembentukan radikal bebas

Ekstrak sampel pangan steril diambil sebanyak 2 ml, ditambahkan 2 ml HCl 0,25 N dingin yang mengandung *Tri Chlor Acetic Acid* (TCA) 15%, *Thio Barbituric Acid* (TBA) 0,38% dan *Butylated Hydroxy Toluene* (BHT) 0,5%. Selanjutnya campuran tersebut dipanaskan di waterbath 80°C selama 30 menit, didinginkan, dan di sentrifuse pada 3000 rpm selama 15 menit. Supernatant diambil, kemudian intensitas warna merah jambu yang terbentuk diukur dengan spektrofotometer pada panjang gelombang 532 nm.

Senyawa 1,1,3,3 -tetraoksi propan merupakan prekursor malonaldehid, sehingga sebagai larutan standar digunakan larutan tetraoksi propan (TEP). Semakin tinggi nilai absorbansi, maka kadar MDA pada sampel akan semakin tinggi pula.

HASIL DAN PEMBAHASAN

- a. Pengukuran kadar logam berat Fe, Mn, Cu, dan Zn pada pepes dan rendang iradiasi dosis 45 kGy.

Tabel 1. Hasil pengukuran unsur logam berat pada pepes dan rendang iradiasi pada dosis 45 kGy.

| Sam-pel | Dosis (kGy) | Unsur logam berat (mg/kg) | | | | | | | |
|----------|-------------|---------------------------|-------|-----------|-------|-------------|-------|------------|-------|
| | | Tembaga (Cu) | | Besi (Fe) | | Mangan (Mn) | | Seng (Zn) | |
| | | Rata-rata | % RSD | Rata-rata | % RSD | Rata-rata | % RSD | Rata-rata | % RSD |
| Pepes | 0 | 3,0±0,1 | 5 | 31,3±0,6 | 2 | 20,2±0,7 | 3,6 | 123,6±5,4 | 4 |
| | 45 | 2,57±0,07 | 2,69 | 29,1±0,1 | 0,2 | 30,1±0,8 | 2,8 | 14,7±0,2 | 1,3 |
| Ren-dang | 0 | 4,0±0,4 | 9 | 68,0±0,2 | 0,3 | 32,8±1,2 | 3,7 | 126,4±11,5 | 9 |
| | 45 | 2,66±0,14 | 5,19 | 63,5±2,2 | 3,4 | 22,3±1,3 | 6,0 | 18,3±0,3 | 1,5 |

Tabel 2. Hasil validasi data dengan SRM NIST 1548a untuk Zn dan Fe; dan dengan SRM NIST 1567a untuk Mn.

| Unsur logam berat (mg/kg) | Rata-rata | % RSD | Rentang sertifikat (mg/kg) |
|---------------------------|--------------|-------|----------------------------|
| Besi (Fe) | 36,28 ± 2,92 | 8,06 | 35,30 ± 3,77 |
| Mangan (Mn) | 10,0 ± 0,3 | 3,3 | 9,4 ± 0,9 |
| Seng (Zn) | 22,26 ± 1,70 | 7,60 | 24,60 ± 1,79 |

2. Hasil Uji proliferasi pepes dan rendang steril pada limfosit manusia secara *in vitro*

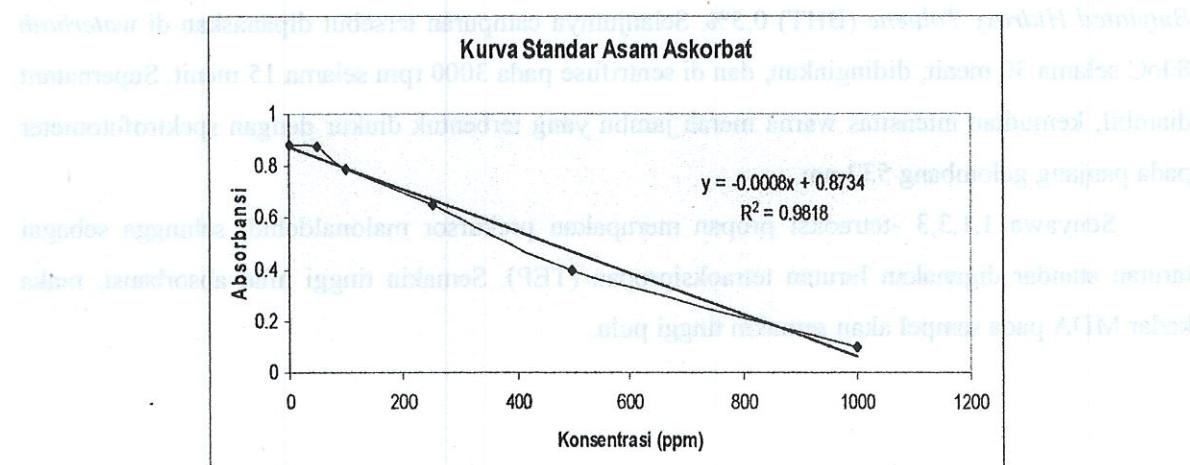
Masih dalam tahap pengolahan data hasil pengamatan akhir.

3. Analisa secara biokimia terhadap pepes dan rendang steril

3.a. Analisa kapasitas antioksidan dengan metode DPPH

Kurva standar asam askorbat

| Konsentrasi Asam Askorbat (ppm) | Absorbansi |
|---------------------------------|------------|
| 0 | 0.885 |
| 50 | 0.875 |
| 100 | 0.79 |
| 250 | 0.652 |
| 500 | 0.396 |
| 1000 | 0.1 |



Tabel 3. Hasil pengukuran kapasitas antioksidan dengan metode DPPH.

| Sampel | Pengenceran | Absorbansi | Kapasitas Antioksidan (%) | Trolox Equivalent Antioxidant Capacity (TEAC) ppm |
|--------------------|-------------|------------|---------------------------|---|
| Pepes/kontrol | 0x | 0.794 | 10.28248588 | 99.25 |
| | 1x | 0.806 | 8.926553672 | 84.25 |
| | 2x | 0.825 | 6.779661017 | 60.5 |
| Pepes/.45 kGy/ I* | 0x | 0.748 | 15.48022599 | 156.75 |
| | 1x | 0.784 | 11.41242938 | 111.75 |
| | 2x | 0.86 | 2.824858757 | 16.75 |
| Pepes/.45 kGy/ II* | 0x | 0.742 | 16.15819209 | 164.25 |
| | 1x | 0.788 | 10.96045198 | 106.75 |
| | 2x | 0.798 | 9.830508475 | 94.25 |
| Pepes/45kGy/III* | 0x | 0.64 | 27.68361582 | 291.75 |
| | 1x | 0.788 | 10.96045198 | 106.75 |
| | 2x | 0.808 | 8.700564972 | 81.75 |
| Pepes/45kGy/IV* | 0x | 0.622 | 29.71751412 | 314.25 |
| | 1x | 0.712 | 19.5480226 | 201.75 |
| | 2x | 0.76 | 14.12429379 | 141.75 |
| Kontrol negatif | 1x | 0.885 | | |
| | 2x | 0.825 | 6.779661017 | 60.5 |

Keterangan :

* Pepes/45kGy/I = Pepes 14 Juni 2007 (iradiasi IRKA-PATIR-BATAN)

Pepes/45kGy/II = Pepes 11 November 2006 (iradiasi di Rel-Ion-Cibitung)

Pepes/45kGy/III = Pepes 5 April 08 (iradiasi IRKA-PATIR-BATAN)

Pepes/45kGy/IV = Pepes tidak berlabel (iradiasi IRKA-PATIR-BATAN)

Kolom yang diblok artinya sampel yang memiliki kapasitas antioksidan tertinggi dari tiap pengencerannya. (pepes/45 kGy/IV)

Cara menginterpretasikan data:

Contoh : Pepes/45kGy/IV pada tahap pengenceran 0x:

Kapasitas Antioksidan (TEAC) ppm (berdasarkan persamaan kurva standar asam askorbat) = 291.75 ppm, artinya kapasitas antioksidan sampel Pepes/45kGy/IV pada tingkat pengenceran 0x setara dengan kapasitas antioksidan asam askorbat sebanyak 291.75 ppm

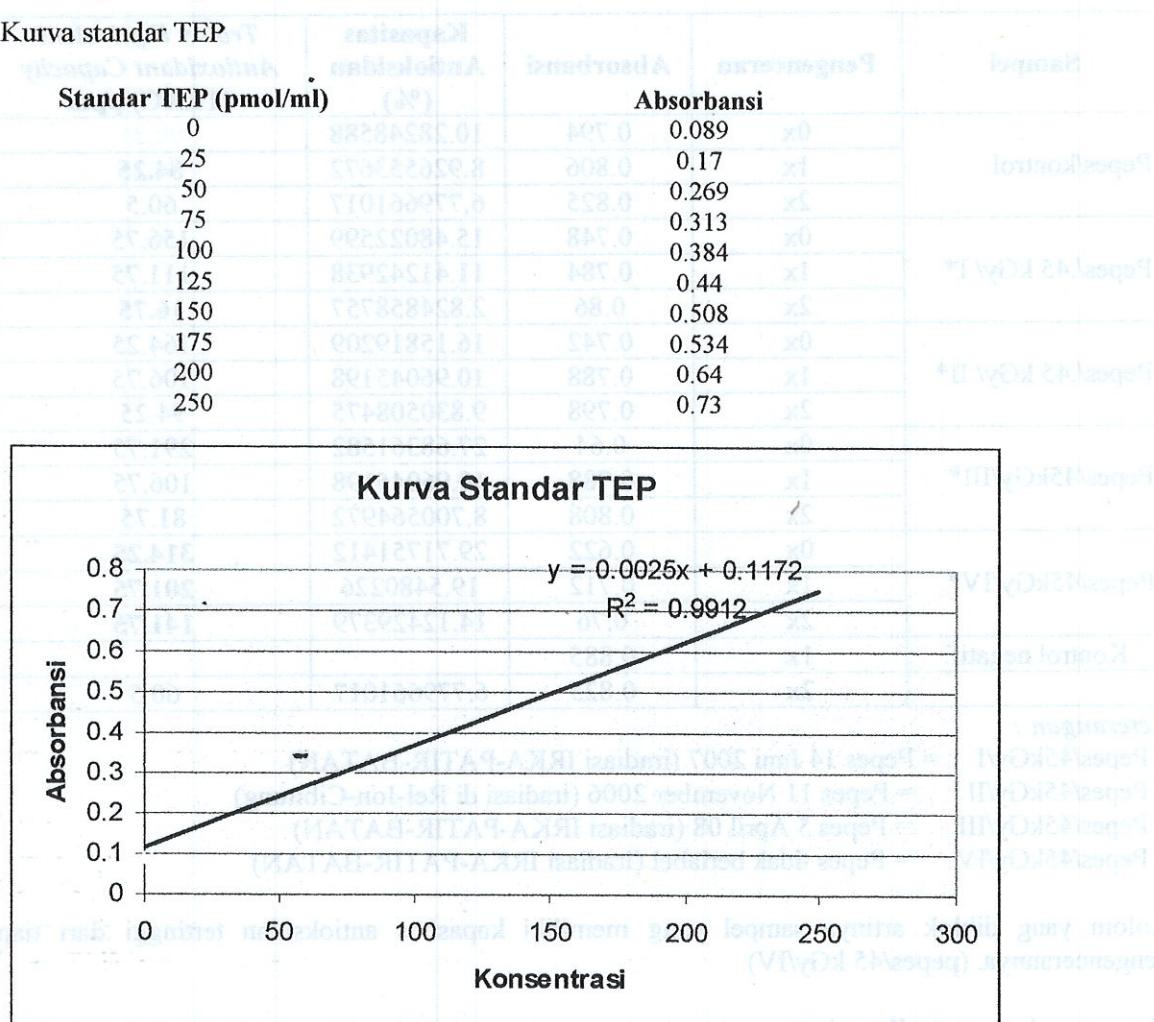
Keterangan : Pengukuran kapasitas antioksidan pada rendang steril masih dalam pengamatan, data menyusul.

| Rendang A | Rendang B | Rendang C |
|-----------|-----------|-----------|
| 12.0 | 21.68 | 4.8 |
| 12.0 | 21.12 | 5.0 |
| 22.824 | 26.0 | 0.485 |
| 21.007 | 26.0 | 1.2 |
| 21.82 | 26.0 | 2.0 |
| 20.827 | 26.0 | 2.5 |
| 16.84 | 26.0 | 2.5 |
| 20.73 | 26.0 | 2.5 |
| 21.107 | 26.0 | 2.5 |
| 20.82 | 26.0 | 2.5 |
| 21.107 | 26.0 | 2.5 |
| 20.82 | 26.0 | 2.5 |
| 21.107 | 26.0 | 2.5 |

(*) Rendang A = Rendang 14 Juli 2007 (iradiasi IRKA-PATIR-BATAN)
(*) Rendang B = Rendang 11 Maret 2006 (iradiasi di Rel-ion)
(*) Rendang C = Rendang 14 April 2008 (iradiasi IRKA-PATIR-BATAN)

3.b. Pengukuran pembentukan radikal bebas

Kurva standar TEP



Tabel 4. Hasil pengukuran pembentukan radikal bebas pada rendang steril*

| Sampel | Pengenceran | Pengamatan | | | |
|-----------|-------------|------------|---------------|------------|---------------|
| | | Hari I | | Hari II | |
| | | Absorbansi | MDA | Absorbansi | MDA |
| Kontrol | 0x | 0.542 | 169.92 | 0.562 | 177.92 |
| | 1x | 0.34 | 89.12 | 0.31 | 77.12 |
| | 2x | 0.23 | 45.12 | 0.225 | 43.12 |
| Rendang A | 0x | 0.462 | 137.92 | 0.538 | 168.32 |
| | 1x | 0.27 | 61.12 | 0.369 | 100.72 |
| | 2x | 0.18 | 25.12 | 0.213 | 38.32 |
| Rendang B | 0x | 0.458 | 136.32 | 0.432 | 125.92 |
| | 1x | 0.25 | 53.12 | 0.238 | 48.32 |
| | 2x | 0.17 | 21.12 | 0.172 | 21.92 |
| Rendang C | 0x | 0.464 | 138.72 | 0.37 | 101.12 |
| | 1x | 0.283 | 66.32 | 0.207 | 35.92 |
| | 2x | 0.166 | 19.52 | | |

* Rendang/45kGy/A = Rendang 14 Juni 2007 (iradiasi IRKA-PATIR-BATAN)

Rendang/45kGy/B = Rendang 11 November 2006 (iradiasi di Rel-Ion)

Rendang/45kGy/C = Rendang DIPA (iradiasi IRKA-PATIR-BATAN)

Tabel 4. Hasil pengukuran pembentukan radikal bebas pada pepes ikan steril

| Sampel | Pengenceran | Pengamatan | | | |
|----------------|-------------|------------|---------------|------------|---------------|
| | | Hari I | | Hari II | |
| | | Absorbansi | MDA | Absorbansi | MDA |
| Kontrol | 0x | 0.32 | 81.12 | 0.71 | 237.12 |
| | 1x | 0.212 | 37.92 | 0.21 | 37.12 |
| | 2x | 0.169 | 20.72 | 0.15 | 13.12 |
| Pepes A-11 | 0x | 0.47 | 141.12 | 0.73 | 245.12 |
| | 1x | 0.255 | 55.12 | 0.428 | 124.32 |
| | 2x | 0.21 | 37.12 | 0.298 | 72.32 |
| B-5apr | 0x | 0.317 | 79.92 | 0.49 | 149.12 |
| | 1x | 0.233 | 46.32 | 0.224 | 42.72 |
| | 2x | 0.181 | 25.52 | 0.16 | 17.12 |
| C-no label | 0x | 0.616 | 199.52 | 0.562 | 177.92 |
| | 1x | 0.344 | 90.72 | 0.21 | 37.12 |
| | 2x | 0.241 | 49.52 | 0.17 | 21.12 |
| D-dpa | 0x | 0.496 | 151.52 | 0.582 | 185.92 |
| | 1x | 0.29 | 69.12 | 0.3 | 73.12 |
| | 2x | 0.286 | 67.52 | 0.249 | 52.72 |
| Kontrol tulang | 0x | 0.277 | 63.92 | 0.522 | 161.92 |
| | 1x | 0.139 | 8.72 | 0.27 | 61.12 |
| | 2x | 0.134 | 6.72 | 0.225 | 43.12 |
| Tulang A | 0x | 0.343 | 90.32 | 0.325 | 83.12 |
| | 1x | 0.206 | 35.52 | 0.19 | 29.12 |
| | 2x | 0.126 | 3.52 | 0.15 | 13.12 |
| Tulang C | 0x | 0.43 | 125.12 | 0.369 | 100.72 |
| | 1x | 0.274 | 62.72 | 0.199 | 32.72 |
| | 2x | 0.21 | 37.12 | 0.15 | 13.12 |

* Pepes/45kGy/A = Pepes 11 November 2006 (iradiasi di Rel-Ion-Cibitung)

Pepes/45kGy/B = Pepes 5 April 08 (iradiasi IRKA-PATIR-BATAN)

Pepes/45kGy/C = Pepes tidak berlabel (iradiasi IRKA-PATIR-BATAN)

Pepes/45kGy/D = Pepes DIPA (iradiasi IRKA-PATIR-BATAN)

KESIMPULAN SEMENTARA

Hasil uji kandungan logam berat pada pepes ikan mas dan rendang yang diirradiasi 45 kGy tidak menunjukkan perbedaan yang nyata dengan kontrol sampel.

Hasil analisa statistik program SPSS yang dilakukan terhadap hasil pengamatan *in vitro* pada kultur darah limfosit, dan uji secara biokimia DPPH dan MDA menunjukkan bahwa pepes ikan mas dan rendang daging sapi yang masing-masing dikemas di dalam kantung laminasi PET/AL-foil/LLDPE secara vakum 80% dan diirradiasi dalam kondisi beku pada dosis 45 kGy tidak menunjukkan perbedaan yang nyata baik terhadap kontrol sampel (non-iradiasi) maupun pada kontrol perlakuan.

Tempo kadaluwarsa dapat ditentukan pula dengan metode ini, yaitu maksimal 1,5 tahun pada seluruh sampel yang diamati. Hal tersebut ditunjukkan adanya penurunan kapasitas antioksidan dan peningkatan kadar malondialdehid dengan bertambahnya masa simpan.

PUSTAKA

1. Haruvy,Y., and Deschenes, L., 2003. Packaging quality assurance guidance manual model for safe, shelf-stable, ready-to-eat food through high-dose irradiation, Radiation processing for safe, shelf-stable and ready to eat food, Proceedings of a final Research Co-ordination Meeting held in Montreal, Canada, 10-14 July 2000, IAEA-TECDOC-1337, International Atomic Energy Agency, Vienna 238-257.
2. Anonymous, 1995. Shelf-stable foods through irradiation processing. IAEA-TECDOC-843, Report prepared by the Food Preservation Section, Joint FAO/IAEA Division of Nuclear Techniques in Food and Agriculture, IAEA, Vienna.
3. DE BRUYN, 2001. *Prospects of radiation sterilization of shelf-stable food*, in : *Irradiation for Food Safety and Quality* ed. P. Loaharanu and P.Thomas, Proceedings of FAO/IAEA/WHO International Conference on Ensuring the Safety and Quality of Food through Radiation Processing, Technomic Publishing Co., Inc., Lancaster, Pennsylvania, USA. p. 206 -216.
4. Anonymous, 1999. High Dose Irradiation : wholesomeness of food irradiated with doses above 10 kGy, Report of joint FAO/IAEA/WHO Study group, WHO Technical Report Series No. 890, WHO, Geneva, Switzerland.
5. IRAWATI, Z., MAHA, M., ANSORI, N., NURCAHYA,C.M. and ANAS, F., 2003^a. "Development of shelf-stable foods fish pepes, chicken and meat dishes through radiation processing", Radiation processing for safe, shelf-stable and ready to eat food, Proceedings of a final Research Co-ordination Meeting held in Montreal, Canada, 10-14 July 2000, IAEA-TECDOC-1337, International Atomic Energy Agency, Vienna, Austria. p. 85-99.
6. IRAWATI,Z.,NATALIA,L., ANSORI, N., NURCAHYA,C.M., ANAS, F. and SYAFARUDIN, M. 2003^b. "Inoculation packed studies on the shelf-stable food products: I. Effects of gamma irradiation at 45 kGy on the survival of *Clostridium sporogenes* spores in the foods (preliminary results)", Radiation processing for safe, shelf-stable and ready to eat food, Proceedings of a final Research Co-ordination Meeting held in Montreal, Canada, 10-14 July 2000, IAEA-TECDOC-1337, International Atomic Energy Agency, Vienna, Austria. p.100-115.
7. DE BRUYN, 2003. *Commercial application of high-dose irradiation to produce shelf-stable meat products. Part 2-Practical aspects of maintaining product at temperatures of between -20°C and -40°C during large scale irradiation*, Radiation processing for safe, shelf-stable and ready to eat food, Proceedings of a final Research Co-ordination Meeting held in Montreal, Canada, 10-14 July 2000, IAEA-TECDOC-1337, International Atomic Energy Agency, Vienna, Austria. p. 124-131.
8. Halliwell B, Gutteridge JMC and Cros CE. 1992. *Free radicals, Antioxidants and human disease: Where are we now?* *J Lab clin Med* 119 (6): 598-620.

9. Kehrer JP. 1993. *Free radical as mediatory of tissue injury and disease. Critical Review in Toxicology* 23 (1):21-48.
10. Fang, Y. Z., Yang, S., dan Wu, G. 2002. *Free radicals, Antioxidants, and Nutrition*. Nutrition 18:872-879.
11. Kubo,I.N. Masuoka, P. Xiao, dan H. Haraguchi. 2002. *Antioxidant Activity of Dodecyl Gallate*. Dikutip oleh: Radiani M.A. 2005. *Studi tentang Pembuatan Minuman Fungsional Tomat-Kayu Manis*. Skripsi.Bogor, Fateta, IPB,Bogor.

