

Peranan Teknologi Proses Pengolahan Pangan dalam Penurunan Alergenisitas Kerang-kerangan: Meta-analisis

(The Role of Food Processing Technology in the Reduction of Shellfish Allergenicity: Meta-analysis)

Andi Nadya Tita Alia, Nurheni Sri Palupi*, Puspo Edi Giriwono

(Diterima Oktober 2022/Disetujui Juni 2023)

ABSTRAK

Kerang-kerangan banyak dikonsumsi secara global, salah satu alasan utamanya karena mengandung nutrisi yang baik untuk kesehatan. Peningkatan konsumsinya juga menyebabkan masalah kesehatan yang merugikan, seperti alergi pangan. Alergi pangan adalah reaksi hipersensitivitas sistem kekebalan tubuh yang disebabkan oleh konsumsi atau paparan pangan. Berbagai metode pengolahan pangan telah terbukti dapat menurunkan alergenitas kerang-kerangan dengan efektivitas yang berbeda-beda. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan metode pengolahan yang paling efektif untuk mengurangi alergenitas kerang-kerangan melalui meta-analisis. Sebanyak 19 artikel diperoleh dengan menggunakan diagram PRISMA, dengan rentang tahun publikasi 2006–2020. Data dianalisis untuk menentukan *Standardized Mean Difference* (SMD) dengan interval kepercayaan 95%. Proses pemanasan basah, *high hydrostatic pressure*, iradiasi, dan *ultrasound* signifikan ($p < 0,05$) dalam menurunkan alergenitas kerang-kerangan. Sementara itu, proses perebusan dan pemanggangan tidak signifikan. Berdasarkan hasil meta-analisis, *high hydrostatic pressure* paling efektif dalam menurunkan alergenitas kerang-kerangan karena memiliki nilai ukuran efek dengan signifikansi tertinggi, yaitu -7,25 (95% CI: -9,11 s.d. -5,4 ; $p < 0,00001$).

Kata kunci: alergenitas, kerang-kerangan, meta-analisis, pengolahan pangan

ABSTRACT

Shellfish is widely consumed globally, one of the main reasons is because it contains good nutrition for health. The increased consumption also leads to adverse health problems such as food allergy. Food allergy is hypersensitivity reaction of the immune system caused by consumption or exposure to food. Various food processing methods has been proven to alter shellfish allergenicity with different effectiveness. This study aims to determine the most effective processing method to reduce shellfish allergenicity through meta-analysis. In total of 19 articles were obtained using PRISMA diagram, with publication year range 2006–2020. Data were analyzed to determine Standardized Mean Difference (SMD) with 95% confidence interval. Moist heating, high hydrostatic pressure, irradiation, and ultrasound processing have significant effect ($p < 0,05$) in reducing shellfish allergenicity. Meanwhile, boiling and roasting processing did not have a significant effect. Based on the results of the meta-analysis, high hydrostatic pressure is the most effective method in reducing shellfish allergenicity because it has the highest effect size value with -7,25 (95% CI: -9,11 s.d. -5,4 ; $p < 0,00001$).

Keywords: allergenicity, food processing, meta-analysis, shellfish

PENDAHULUAN

Alergi pangan adalah reaksi hipersensitivitas sistem imun yang timbul akibat konsumsi atau paparan dari pangan (NIAID 2010). Alergi pangan dapat disebabkan oleh alergen yang terkandung di dalam hampir semua jenis pangan, namun menurut Codex Alimentarius Commission (CAC) (2020) terdapat 8 (delapan) sumber utama alergen dari bahan pangan yang menyebabkan reaksi paling signifikan, yaitu susu dan produknya, sereal yang mengandung gluten, kacang

tanah, kacang pohon, telur, kedelai, ikan, dan kerang-kerangan.

Secara global, konsumsi produk ikan dan kerang-kerangan meningkat hingga lebih dari 20 kg per kapita pada tahun 2014 (FAO 2016). Kerang-kerangan banyak dikonsumsi karena mengandung gizi yang baik bagi tubuh. Kerang-kerangan merupakan sumber protein, vitamin, mineral, dan kaya akan asam lemak utamanya omega-3 (Gogus dan Smith 2010). Bagi mayoritas individu, mengonsumsi banyak kerang-kerangan dapat memberikan manfaat kesehatan, namun bagi sebagian individu lainnya yang menderita alergi pangan dapat mengakibatkan gangguan kesehatan apabila mengonsumsi pangan tersebut. Alergi pangan merupakan masalah kesehatan publik yang signifikan. Menurut World Allergy Organization (2019), terdapat data ekstensif yang menunjukkan

bahwa alergi pangan umum terjadi (hingga 10% terdampak) dan telah meningkat prevalensinya dalam dua hingga tiga dekade terakhir.

Karena peningkatan prevalensi alergi pangan, telah banyak dilakukan penelitian yang bertujuan untuk memodifikasi struktur komponen pangan yang dapat memengaruhi alergenitasnya, di antaranya menggunakan teknologi pengolahan pangan. Mayoritas alergen merupakan protein sehingga metode pengolahan pangan secara termal, seperti pemanggangan, perebusan, dan penggorengan, merupakan salah satu metode yang efektif dalam mengurangi alergen dengan berbagai reaksi modifikasi, termasuk denaturasi ikatan peptida dan hidrolisis (Ekezie *et al.* 2018). Di sisi lain, metode pengolahan pangan secara nontermal, seperti *high hydrostatic pressure* (HHP), iradiasi, *ultrasound*, dan sebagainya juga telah banyak diaplikasikan dalam menurunkan alergenitas bahan pangan (Li *et al.* 2011).

Berdasarkan penelitian-penelitian yang telah dilakukan, pengolahan termal dan nontermal telah teruji dapat menurunkan alergenitas kerang-kerangan. Akan tetapi, untuk mengetahui jenis pengolahan yang paling efektif untuk menurunkan alergenitas kerang-kerangan, dibutuhkan metode untuk mensintesis data dari berbagai studi. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah meta-analisis, yang merupakan metode untuk mensintesis hasil-hasil penelitian terdahulu dengan topik yang relevan. Data yang diperoleh dari penelitian tersebut kemudian diolah untuk memperoleh kesimpulan statistik (Retnawati *et al.* 2018). Dengan demikian, meta-analisis perlu dilakukan untuk menentukan teknologi pengolahan pangan yang paling efektif dalam menurunkan alergenitas kerang-kerangan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh proses pengolahan termal dan nontermal dalam menurunkan alergenitas kerang-kerangan, menentukan jenis metode pengolahan termal yang paling efektif dalam menurunkan alergenitas kerang-kerangan dan menentukan jenis metode pengolahan nontermal yang paling efektif dalam menurunkan alergenitas kerang-kerangan.

METODE PENELITIAN

Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah berupa data hasil penelitian dari artikel-artikel yang terpilih yang berupa jenis sampel, metode pengolahan, kondisi pengolahan, nilai alergenitas, jumlah pengukuran, rata-rata, dan standar deviasi. *Software* yang digunakan dalam penelitian adalah *software* Mendeley, SigmaPlot 14.0, Review Manager 5.4, WebPlot Digitizer 4.3, serta Microsoft Word, dan Microsoft Excel yang dilengkapi dengan *Meta-Essentials tools*.

Penyusunan Pertanyaan Penelitian

Tahap pertama dalam meta-analisis adalah penyusunan pertanyaan penelitian. Metode yang

digunakan dalam menyusun pertanyaan penelitian ini adalah PICO (*Population, Intervention, Comparison, Outcome*) (Tawfik *et al.* 2019). Aspek penelitian yang akan diimplementasikan dalam metode PICO adalah *Population*: kerang-kerangan, *Intervention*: proses pengolahan termal dan nontermal, *Comparison*: pangan yang tidak diolah, *Outcome*: alergenitas secara *in vitro*. Dengan demikian hasil penelitian ini diharapkan dapat menjawab pertanyaan tentang “proses pengolahan apa yang paling efektif dalam menurunkan alergenitas kerang-kerangan”.

Penentuan Kriteria Inklusi dan Eksklusi

Pertanyaan penelitian dan desain studi menjadi dasar dalam penentuan kriteria inklusi dan eksklusi (Tawfik *et al.* 2019). Kriteria inklusi dalam penelitian ini antara lain artikel memuat dan membahas pengaruh pengolahan pada alergenitas kerang-kerangan, artikel berupa *research article*, artikel dengan tahun publikasi 20 tahun terakhir, artikel berasal dari semua negara, artikel nasional dan internasional terakreditasi dan terindeks (Q1–Q4). Kriteria eksklusi dalam penelitian ini adalah artikel yang menggunakan metode analisis alergenitas kerang-kerangan secara *in vivo*, artikel dengan data yang tidak lengkap, dan artikel dalam Bahasa asing selain Bahasa Inggris dan Indonesia.

Pengelolaan Strategi Pencarian

Pencarian artikel dilakukan pada beberapa *database* terpilih, yaitu ScienceDirect, PubMed, Google Scholar, Wiley Online Library, ProQuest, ACS Publication, Springer, dan Research Gate. Strategi pencarian untuk masing-masing *database* berbeda, namun penentuan kata kunci pencarian yang relevan perlu dilakukan terlebih dahulu. Kata kunci yang digunakan dalam penelitian ini adalah ‘*processing*’, ‘*thermal*’, ‘*non-thermal*’, ‘*shellfish*’, ‘*mollusc*’, ‘*crustacea*’, ‘*immunogenicity*’, ‘*allergy*’, dan ‘*allergenicity*’. Beberapa spesies kerang-kerangan juga digunakan sebagai kata kunci pencarian seperti ‘*lobster*’, ‘*abalone*’, ‘*prawn*’, ‘*shrimp*’, ‘*crab*’, ‘*cockle*’, ‘*scallop*’, ‘*oyster*’, ‘*squid*’, ‘*octopus*’, dan seterusnya. Optimasi penggunaan kata kunci pencarian pada setiap *database* menggunakan *Boolean operators*, yaitu memaksimalkan hasil pencarian dengan penggunaan “OR” dan “AND” di antara kata kunci yang telah ditentukan sebelumnya (Tawfik *et al.* 2019; Uman 2011).

Pengelolaan Hasil Pencarian

Hasil pencarian artikel kemudian diseleksi berdasarkan kriteria inklusi dan eksklusi yang telah ditentukan. Tahapan seleksi artikel dilakukan dengan menggunakan diagram PRISMA (*Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses*) (Tawfik *et al.* 2019). Penyeleksian artikel juga dilakukan dengan menggunakan bantuan *software reference manager*, yaitu Mendeley. *Software* Mendeley digunakan pada tahap ‘penyeleksian’ untuk menghilangkan

artikel duplikasi dan skrining relevansi artikel berdasarkan judul dan abstrak. Kemudian pada tahap ‘kesesuaian’ dilakukan pembacaan artikel secara menyeluruh (*full text*) dan diseleksi berdasarkan kesesuaian dengan topik penelitian dan kelengkapan data yang dibutuhkan, yaitu jenis sampel, jenis alergen, perlakuan kontrol, metode pengolahan, teknologi pengujian alergenitas, nilai alergenitas, rerata, dan standar deviasi.

Ekstraksi Data

Data-data berupa judul, tahun, penulis, sumber jurnal dari artikel terpilih diekstraksi dari *software* Mendeley menjadi bentuk Excel. Selain itu, dilakukan juga ekstraksi data-data yang dibutuhkan, yaitu berupa jenis sampel, teknologi pengolahan, metode pengujian alergenitas, jenis alergen, perlakuan kontrol, nilai alergenitas, rerata, dan standar deviasi secara manual ke dalam bentuk Excel sebagai rekapan data (Viswanathan *et al.* 2012).

Analisis Statistik

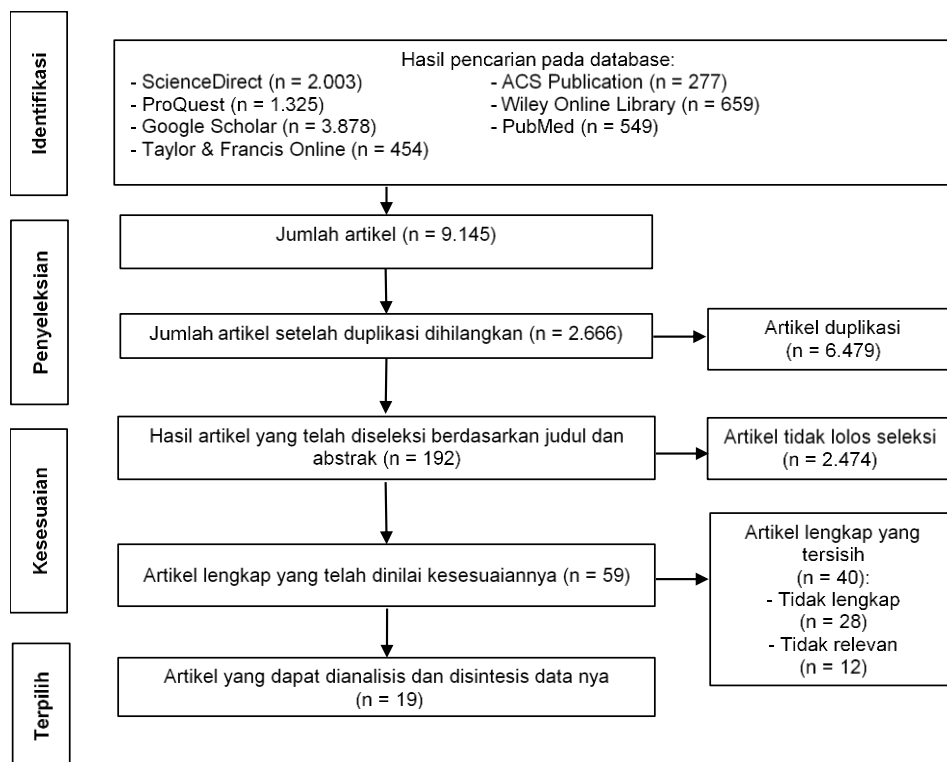
Data kuantitatif yang diperoleh dari artikel penelitian yang terpilih dibandingkan secara statistik menggunakan *effect size*. Perhitungan *effect size* menggunakan *Standardized Mean Difference* (SMD) dan nilai *Confidence Interval* (CI) 95%. Nilai SMD dianalisis menggunakan *software* Review Manager 5.4 dengan model *random effect*. Hasil perhitungan selang kepercayaan dan *effect size* kemudian disajikan dalam bentuk *forest plot* menggunakan *software* SigmaPlot

dan Review Manager kemudian analisis bias publikasi dalam *funnel plot* menggunakan Meta Essentials (Tawfik *et al.* 2019). *Forest plot* menyajikan nilai *effect size / Standardized Mean Difference* (SMD) dan nilai selang kepercayaan (CI). CI merupakan besaran yang menyatakan signifikansi studi dan digambarkan sebagai garis pada *forest plot*, sedangkan SMD dalam bentuk kotak di tengah garis CI. Apabila garis CI tidak melewati ukuran efek 0 maka dapat dikatakan bahwa hasil yang diperoleh signifikan dan sebaliknya (Koricheva *et al.* 2013). Selain menggunakan CI, signifikansi juga dapat disimpulkan berdasarkan uji statistik nilai P di mana apabila $P < 0,05$ maka berpengaruh secara signifikan dan sebaliknya. Kemudian parameter inkonsistensi dapat dikelompokkan menjadi 3, yaitu rendah (jika $I^2 < 25\%$), sedang (jika $I^2 = 25-75\%$), dan tinggi (jika $I^2 > 75\%$) (Afandi *et al.* 2021).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Basis dan Pengelolaan Data

Seleksi artikel hasil pencarian pada database yang terpilih dilakukan dengan menggunakan diagram PRISMA (*Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses*) (Gambar 1). Jumlah artikel yang diperoleh dari semua database adalah 9.145 dan dilakukan penyeleksian artikel duplikasi, yaitu sebanyak 6.479 artikel sehingga tersisa 2.666 artikel. Kemudian sebanyak 192 artikel terpilih setelah dilakukan seleksi berdasarkan judul dan abstrak.



Gambar 1 Seleksi artikel berdasarkan diagram *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses* (PRISMA).

Selanjutnya, dilakukan seleksi berdasarkan kesesuaiannya dengan kriteria yang ditentukan dan diperoleh 59 artikel dalam bentuk *full text*. Terdapat 28 artikel yang tidak lengkap dan 12 artikel yang tidak relevan setelah dilakukan pembacaan artikel secara menyeluruh. Artikel yang tidak lengkap adalah artikel dengan data tidak lengkap (mean / SD / ulangan tidak disebutkan), sedangkan artikel yang tidak relevan adalah artikel dengan hasil dalam bentuk data kualitatif. Sehingga diperoleh total 19 artikel terpilih dengan 145 kode studi yang diolah menggunakan meta-analisis.

Karakteristik Data Alergenisitas pada Forest Plot

Artikel yang terpilih merupakan hasil penelitian yang menggunakan sampel udang (14 studi), kepiting (3 studi), cumi-cumi (3 studi), dan kerang (2 studi), dengan rentang tahun publikasi 2006-2020. Data-data berupa rata-rata, standar deviasi, judul, tahun, penulis, sumber, asal negara, indeks, dan akreditasi jurnal, metode pengolahan, metode pengujian alergenitas, dan jenis sampel dari artikel terpilih diekstraksi dalam bentuk Microsoft Excel.

Pengaruh Proses Pengolahan pada Alergenitas Kerang-kerangan

• Pengolahan termal

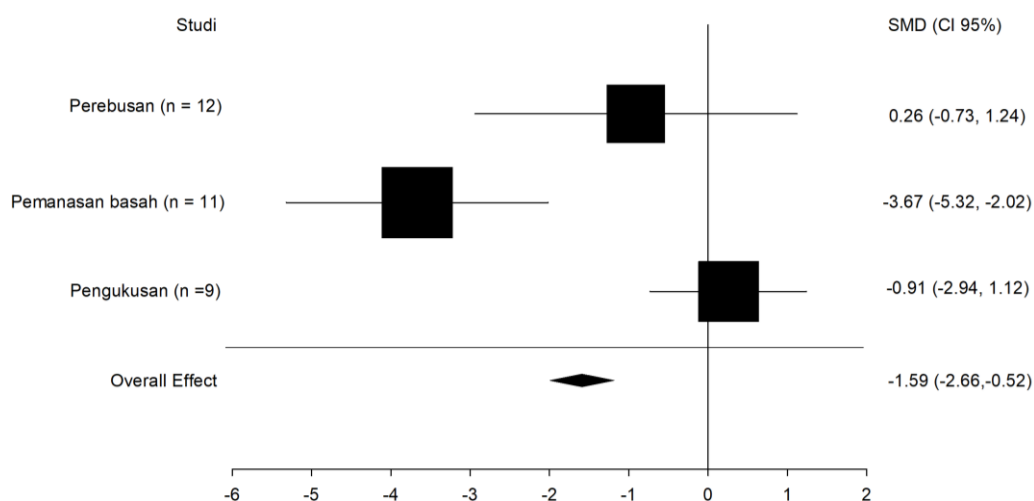
Hasil meta-analisis untuk pengaruh proses pengolahan termal pada alergenitas kerang-kerangan (Gambar 2) secara keseluruhan, diperoleh nilai $p = 0,001$ dan nilai *Standardized Mean Difference* (SMD) sebesar $-1,59$ ($-2,66$ s.d. $-0,52$) dengan CI 95%. Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa secara umum proses pengolahan termal berpengaruh secara signifikan dalam menurunkan alergenitas kerang-kerangan karena diperoleh nilai $p < 0,05$ dan nilai CI tidak memotong garis $x = 0$. Pada analisis subgrup, proses pengolahan dengan perebusan dan pengukusan menunjukkan hasil yang tidak signifikan dengan nilai p masing-masing $p = 0,61$ dengan nilai

SMD $0,26$ ($-0,73$ s.d. $1,24$) dan $p = 0,38$ dengan nilai SMD $-0,91$ ($-2,94$ s.d. $1,12$). Sementara itu, proses pemanasan basah menunjukkan adanya pengaruh yang signifikan dalam menurunkan alergenitas kerang-kerangan dengan nilai $p < 0,00001$ dengan nilai SMD $-3,67$ ($-5,32$ s.d. $-2,02$). Nilai SMD yang diperoleh bernilai negatif yang mengindikasikan bahwa secara umum hasil meta-analisis menunjukkan terjadi penurunan alergenitas kerang-kerangan pada perlakuan proses pemanasan basah. Kemudian untuk proses pengukusan, nilai SMD yang diperoleh juga negatif sehingga dapat disimpulkan terjadi penurunan alergenitas kerang-kerangan, namun karena nilai $p > 0,05$ dan nilai CI memotong garis $x = 0$ sehingga disimpulkan bahwa proses pengukusan tidak signifikan dalam menurunkan alergenitas kerang-kerangan. Analisis heterogenitas diperoleh nilai $I^2 = 100\%$ yang menunjukkan bahwa hasil meta-analisis pengaruh proses pengolahan termal pada alergenitas kerang-kerangan memiliki inkonsistensi yang tinggi.

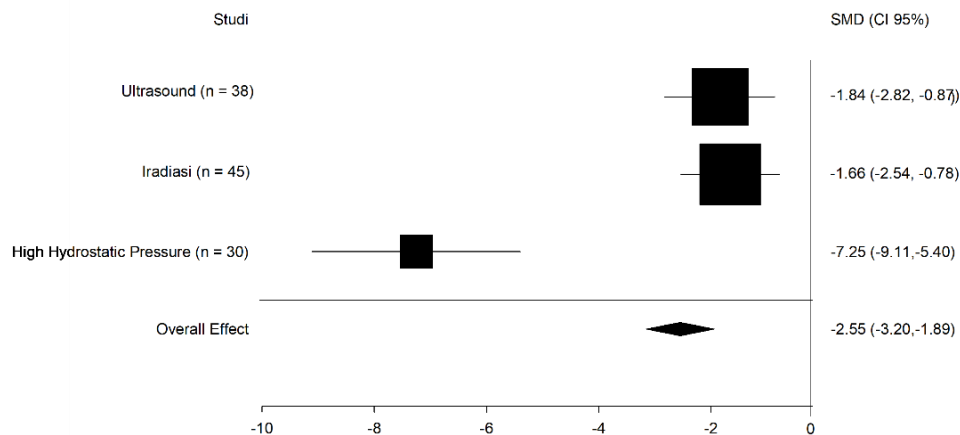
Proses pengolahan termal seperti perebusan, pemanasan, dan pengukusan dapat menyebabkan modifikasi pada struktur protein alergen kerang-kerangan. Modifikasi struktur protein, seperti hidrolisis ikatan peptida dan denaturasi protein menyebabkan terjadi perubahan konformasi epitop pada prtein alergen sehingga reaksi tersebut menyebabkan terjadinya penurunan pada alergenitas pangan (Jiménez-Saiz *et al.* 2015, Sathe *et al.* 2005). Studi yang dilakukan oleh Long *et al.* (2015) menemukan bahwa terdapat penurunan *IgE-binding* pada tropomiosin udang sebesar 73,59% ketika sampel diberi perlakuan panas pada suhu 55°C sehingga menurunkan potensi alergi tropomiosin udang secara signifikan.

• Pengolahan non-termal

Analisis subgrup (Gambar 3) proses pengolahan *high hydrostatic pressure* (HHP) menunjukkan hasil



Gambar 2 Forest plot pengaruh proses pengolahan termal terhadap alergenitas kerang-kerangan (■ : weight, ◆ : overall effect).



Gambar 3 *Forest plot* pengaruh proses pengolahan non-termal pada alergenitas kerang-kerangan (■ : *weight*, ◆ : *overall effect*).

yang signifikan ($p < 0,05$) dengan nilai $p < 0,00001$ dan nilai SMD CI 95% adalah -7,25 (-9,11 s.d. -5,4). Dengan demikian, dapat ditarik kesimpulan bahwa pengolahan non-termal dengan metode HHP berpengaruh secara signifikan dalam menurunkan alergenitas kerang-kerangan. Metode HHP dapat menyebabkan alterasi pada struktur protein tropomiosin pada cumi-cumi sehingga menurunkan nilai IgE dan IgG nya (Zhang *et al.* 2015). HHP telah terbukti dapat menyebabkan denaturasi protein dan disosiasi protein menjadi subunit yang mengubah fungsionalnya (Somkuti & Smeller, 2013). Selain itu, semakin tinggi tekanan yang diaplikasikan maka semakin efektif dalam menurunkan alergenitas. Tekanan pada 400 dan 600 MPa lebih efektif dalam mengurangi reaktivitas IgE-binding dibandingkan dengan tekanan pada 200 MPa (Jin *et al.* 2015).

Berdasarkan *forest plot* (Gambar 3) untuk pengolahan iradiasi diperoleh nilai SMD (CI 95%) sebesar -1,66 (-2,54 s.d. -0,78) dan nilai $p = 0,0002$. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa proses pengolahan iradiasi berpengaruh signifikan ($p < 0,05$) dalam menurunkan alergenitas kerang-kerangan. Selanjutnya analisis heterogenitas menunjukkan inkonsistensi yang sedang dengan nilai $I^2 = 67\%$. Mei *et al.* (2020) melaporkan bahwa perlakuan iradiasi 1 – 9 kGy menyebabkan struktur sekunder tropomiosin pada daging kepiting (*Ovalipes punctatus*) menjadi tidak beraturan. Selain itu, permukaan hidrofobitas dan gugus sulfhidril tropomiosin berubah sehingga menurunkan imunoreaktivitas kepiting secara keseluruhan.

Forest plot (Gambar 3) menunjukkan bahwa proses pengolahan *ultrasound* berpengaruh secara signifikan ($p < 0,05$) pada alergenitas kerang-kerangan. Hal tersebut dapat dilihat pada nilai $p < 0,00001$ dan SMD (CI 95%) sebesar -1,84 (-2,82 s.d. -0,87). Kemudian hasil analisis heterogenitas adalah $I^2 = 62\%$ yang menunjukkan bahwa data yang digunakan memiliki inkonsistensi sedang. Dong *et al.* (2020) menemukan bahwa kandungan tropomiosin dalam udang menurun secara bertahap dengan meningkatnya waktu

pemrosesan. Dibandingkan dengan perlakuan 0 menit (1,5 ng/mg), penurunan maksimum sebanyak 76% diamati pada perlakuan *ultrasound* selama 20 menit (0,36 ng/mg), diikuti oleh perlakuan selama 15 menit (0,38 ng/mg), perlakuan 10 menit (0,88 ng/mg), dan 5 menit (1,24 ng/mg).

KESIMPULAN

Berdasarkan nilai *Standardized Mean Difference* (SMD), secara keseluruhan proses pengolahan *high hydrostatic pressure* paling efektif dalam menurunkan alergenitas kerang-kerangan. Proses pengolahan termal dengan pemanasan langsung berpengaruh secara signifikan ($p < 0,05$) dalam menurunkan alergenitas kerang-kerangan, sedangkan pengolahan dengan metode perebusan dan pengukusan tidak berpengaruh secara signifikan ($p \geq 0,05$). Proses pengolahan non-termal, yaitu *high hydrostatic pressure* (HHP), iradiasi, dan *ultrasound* berpengaruh secara signifikan ($p < 0,05$) dalam menurunkan alergenitas kerang-kerangan.

DAFTAR PUSTAKA

- Afandi FA, Wijaya CH, Faridah DN, Suyatma NE, Jayanegara A. 2021. Evaluation of various starchy foods: A systematic review and meta-analysis on chemical properties affecting the glycemic index values based on in vitro and in vivo experiments. *Foods*. 10(2): 1–28. <https://doi.org/10.3390/foods10020364>
- Borenstein M, Hedges LV, Higgins JPT, Rothstein HR. 2009. Introduction to Meta-Analysis. New Jersey (US): John Wiley & Sons, Ltd. <https://doi.org/10.1002/9780470743386>
- [CAC] Codex Alimentarius Commission. 2020. Code of Practice on Food Allergen Management for Food

- Business Operators. Roma (IT).
- Dong X, Wang J, Raghavan VGS. 2020. Effects of high-intensity ultrasound processing on the physicochemical and allergenic properties of shrimp. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*. 65: 102441. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2020.102441>
- Ekezie FGC, Cheng JH, Sun DW. 2018. Effects of nonthermal food processing technologies on food allergens: A review of recent research advances. *Trends in Food Science & Technology*. 74: 12–25. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2018.01.007>
- [FAO] Food and Agriculture Organization. 2016. The State of World Fisheries and Aquaculture 2016. Roma (IT).
- Gogus U, Smith C. 2010. n-3 omega fatty acids: a review of current knowledge. *International Journal of Food Science and Technology*. 45: 417–436. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2009.02151.x>
- Jiménez-Saiz R, Benedé S, Molina E, López-Expósito I, 2014. Effect of processing technologies on the allergenicity of food products. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 55(13): 1902–1917. <https://doi.org/10.1080/10408398.2012.736435>
- Jin Y, Deng Y, Qian B, Zhang Y, Liu Z, Zhao Y. 2015. Allergenic response to squid (*Todarodes pacificus*) tropomyosin Tod p1 structure modifications induced by high hydrostatic pressure. *Food Chem Toxicol*. 76: 86–93. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2014.12.002>
- Koricheva J, Gurevitch J, Mengersen K. 2013. *Handbook of Meta-Analysis in Ecology and Evolution*. New Jersey (US): Princeton University Press. <https://doi.org/10.1515/9781400846184>
- Li X, Li Z, Lin H, Samee H. 2011. Effect of power ultrasound on the immunoactivity and texture changes of shrimp (*Penaeus vannamei*). *Czech Journal of Food Sciences*. 29(5): 508–514. <https://doi.org/10.17221/242/2009-CJFS>
- Long FY, Yang X, Wang RR, Hu XS, Chen F. 2015. Effects of combined high pressure and thermal treatments on the allergenic potential of shrimp (*Litopenaeus vannamei*) tropomyosin in a mouse model of allergy. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*. 29: 119–124. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2015.03.002>
- Mei K, Li G, Zhang J, Lou Q, Xu D, Yang W. 2020. Studying on the IgG binding capacity and conformation of tropomyosin in *Ovalipes punctatus* meat irradiated with electron beam. *Radiation Physics and Chemistry*. 168: 108525. <https://doi.org/10.1016/j.radphyschem.2019.108525>
- [NIAID] National Institute of Allergy and Infectious Diseases. 2010. Guidelines for the diagnosis and management of food allergy in the United States: Report of the niaid-sponsored expert panel. *The Journal of Allergy and Clinical Immunology*. 126, S1–S58. <https://doi.org/10.1016/j.jaci.2010.10.007>
- Palupi E, Jayanegara A, Ploeger A, Kahl J. 2012. Comparison of nutritional quality between conventional and organic dairy products: a meta-analysis. *Journal of The Science of Food and Agriculture*. 92(14): 2774–2781. <https://doi.org/10.1002/jsfa.5639>
- Pawankar R, Canonica GW, Holgate ST, Lockey RF, Blaiss MS. 2013. *World Allergy Organisation (WAO) white book on allergy: Update 2013*. Milwaukee (US): World Allergy Organization.
- Retnawati H, Apino E, Djidu H, Kartianom, Anazifa RD. 2018. *Pengantar analisis meta*. Yogyakarta (ID): Parama Publishing.
- Sathe S, Teuber S, Roux K. 2005. Effects of food processing on the stability of allergens. *Biotechnology advances*. 23(6): 423–429.
- Somkuti J, Smeller L. 2013. High pressure effects on allergen food proteins. *Biophys Chem*. 183: 19–29. <https://doi.org/10.1016/j.bpc.2013.06.009>
- Tawfik GM, Dila KAS, Mohamed MYF, Tam DNH, Kien ND, Ahmed AM, Huy NT. 2019. A step by step guide for conducting a systematic review and meta-analysis with simulation data. *Trop Med & Health*. 47(46): 1–9. <https://doi.org/10.1186/s41182-019-0165-6>
- Uman LS. 2011. Systematic reviews and meta-analyses. *Journal of the Canadian Academy of Child Adolescent Psychiatry*. 20(1): 57–59. <https://doi.org/10.1007/s00787-010-0157-x>
- Viswanathan M, Ansari MT, Berkman ND, Chang S, Hartling L, McPheeters M, Santaguida PL, Shamliyan T, Singh K, Tsertsvadze A. 2012. Assessing the Risk of Bias of Individual Studies in Systematic Reviews of Health Care Interventions. Agency for Healthcare Research and Quality. PubMed [Internet]. [diunduh 2022 Jul 20]. Tersedia pada: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22479713/>.
- Zhang Y, Dai B, Deng Y, Zhao Y. 2015. AFM and NMR imaging of squid tropomyosin Tod p1 subjected to high hydrostatic pressure: evidence for relationships among topography, characteristic domain and allergenicity. *Royal Society of Chemistry Advances*. 5: 73207–73216. <https://doi.org/10.1039/C5RA13655E>