

Kadar Pati Resisten Pangan Tinggi Karbohidrat Hasil *Autoclaving-Cooling* 2 Siklus: Studi Meta-Analisis *Resistant Starch Content of High Carbohydrates Foods from 2 Cycles Autoclaving-Cooling: A Meta-Analysis Study*

Rhoito Frista Silitonga^{ab*}, Didah Nur Faridah^{ac*}, Dias Indrasti^{ac}, Frendy Ahmad Afandi^d dan Anuraga Jayanegara^e

^aDepartemen Ilmu dan Teknologi Pangan, Fakultas Teknologi Pertanian, IPB University
Kampus IPB Dramaga, Bogor, Indonesia

^bBalai Besar Industri Agro, Kementerian Perindustrian
Jl. Ir. H. Juanda No. 11, Bogor 16122, Indonesia

^cSEAFASST Center, IPB University
Kampus IPB Dramaga, Bogor, Indonesia

^dDeputi Bidang Koordinasi Pangan dan Agribisnis, Kementerian Koordinator Bidang Perekonomian RI
Jl. Lapangan Banteng Timur, Jakarta, Indonesia

^eDepartemen Ilmu Nutrisi dan Teknologi Pakan, Fakultas Peternakan, IPB University
Kampus IPB Dramaga, Bogor, Indonesia

Riwayat Naskah:

Diterima 05 2021
Direvisi 06 2021
Disetujui 07 2021

ABSTRAK: *Autoclaving-cooling* merupakan salah satu metode modifikasi pati fisik yang banyak digunakan untuk meningkatkan kadar pati resisten. Namun metode ini memiliki pengaruh yang berbeda-beda pada tiap jenis pangan tinggi karbohidrat. Studi ini bertujuan untuk menganalisis jenis pangan karbohidrat yang memiliki pengaruh signifikan dalam peningkatan kadar pati resisten akibat proses *autoclaving-cooling* 2 siklus. Studi ini menggunakan 9 artikel yang diseleksi melalui metode panduan PRISMA dari total 279 artikel yang diperoleh. Data dianalisis berdasarkan nilai ukuran efek *Hedges'd* (*standardized mean difference/SMD*) dan nilai selang kepercayaan (*CI*) menggunakan perangkat lunak *Meta-Essentials*. Studi meta-analisis menunjukkan bahwa metode *autoclaving-cooling* pada pangan sereal memiliki efek signifikansi yang lebih tinggi dalam meningkatkan kadar pati resisten (*SMD*: 7,39; 95% *CI*: 2,8 s.d 11,97; *p*<0,001) dibandingkan kacang-kacangan dan umbi-umbian. Dalam kelompok sereal, jenis sampel oat (*SMD*: 10,91; 95% *CI*: 3,89 s.d 17,94; *p*<0,001) berpengaruh signifikan terhadap peningkatan kadar pati resisten dibandingkan sampel beras. Kesimpulan dari studi ini yaitu metode *autoclaving-cooling* 2 siklus memiliki pengaruh yang signifikan (tingkat kepercayaan 95%) dalam peningkatan kadar pati resisten pada kelompok pangan sereal, yaitu oat.

Kata kunci: *autoclaving-cooling*, meta-analisis, modifikasi pati, pati resisten, sereal

ABSTRACT: *Autoclaving-cooling* is one of the physical starch modification methods that widely used to increase the resistant starch content. However, the effect of this method varies with each type of high carbohydrates foods. The aim of this study was to analyze the type of carbohydrate foods that have the significant effect in increasing the resistant starch content due to the *autoclaving-cooling* 2 cycles process. This study used 9 articles that were selected through PRISMA method from 279 articles retrieved. The data were analysed by the effect size value using *Hedges'd* (*standardized mean difference/SMD*) and confidence interval (*CI*) utilizing *Meta-Essentials software*. Meta-analysis showed that *autoclaving-cooling* on cerealia has a higher significant effect (*SMD*: 7.39; 95% *CI*: 2.8 to 11.97; *p*<0.001) than those of lentils and tubers. In cereal groups, oat (*SMD*: 10.91; 95% *CI*: 3.89 to 17.94; *p*<0.001) has the significant effect in increasing the resistant starch content compared to rice. In conclusion, the *autoclaving-cooling* 2 cycles method has significant effect (level of confidence 95%) to increase the resistant starch content in cereal groups, namely oats.

Keywords: *autoclaving-cooling*, cereal, meta-analysis, resistant starch, starch modification

* Kontributor utama
Email : didah_nf@apps.ipb.ac.id

1. Pendahuluan

Pati resisten merupakan salah satu bahan pangan yang memiliki banyak manfaat bagi kesehatan manusia. Selain sebagai prebiotik, pati resisten juga bermanfaat untuk mencegah kanker kolon, mengurangi pembentukan batu empedu, memiliki efek hipokolesterol dan hipoglikemik, menghambat akumulasi lemak serta menyerap mineral-mineral yang dibutuhkan oleh tubuh (Sajilata, Singhal, & Kulkarni, 2006; Fuentes-Zaragoza, Riquelme-Navarrete, Sánchez-Zapata, & Pérez-Álvarez, 2010). Berdasarkan sumber dan jenis prosesnya, pati resisten terdiri dari 5 tipe, yaitu RS1, RS2, RS3, RS4 dan RS5 (Zhang *et al.*, 2015). RS1 dan RS2 terdapat secara alami di dalam tanaman, sedangkan RS3, RS4 dan RS5 diperoleh dari proses pengolahan maupun modifikasi. RS3 merupakan salah satu jenis pati resisten yang banyak digunakan sebagai bahan baku pangan fungsional karena memiliki sifat yang relatif tahan panas dan dapat mempertahankan karakteristiknya selama proses pengolahan (Sugiyono, Pratiwi, & Faridah, 2009).

Modifikasi pati dapat dilakukan secara fisik, kimia, enzimatik, iradiasi maupun gabungan dari metode-metode tersebut (Ashwar *et al.*, 2016). Modifikasi secara fisik lebih disukai karena tidak menghasilkan hasil samping pereaksi kimia pada produk akhir (Zavareze & Dias, 2011). Salah satu metode modifikasi fisik pati yang banyak dilakukan yaitu teknik *autoclaving-cooling* (pemanasan bertekanan-pendinginan). Prinsip dari metode ini yaitu mensuspensikan pati dalam air lalu memanaskannya pada suhu tinggi menggunakan autoklaf untuk meningkatkan proses gelatinisasi pati kemudian mendinginkannya sehingga menghasilkan pati rantai pendek yang teretrogradasi (Setiarto, Jenie, Faridah, & Saskiawan, 2015). Faridah (2011) menyatakan bahwa proses *autoclaving-cooling* secara berulang dapat menyebabkan semakin banyaknya pembentukan pati teretrogradasi sehingga menurunkan daya cerna pati dan meningkatkan kadar pati resisten. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian yang melaporkan peningkatan kadar pati resisten yang lebih tinggi pada proses *autoclaving-cooling* 2 siklus dibandingkan proses *autoclaving-cooling* 1 siklus (Yadav, Sharma, & Yadav, 2010; Rosida, Harijono, Estiasih, & Sriwahyuni, 2015; Setiarto & Yunirma, 2017; Setiarto, Jenie, Faridah, Saskiawan, & Sulistiani, 2018).

Penggunaan *autoclaving-cooling* untuk meningkatkan kadar pati resisten telah banyak diaplikasikan pada berbagai kelompok pangan. Beberapa studi memperlihatkan bahwa proses *autoclaving-cooling* meningkatkan kadar pati resisten pada berbagai kelompok pangan tinggi karbohidrat seperti sereal (jagung, beras, oat),

umbi-umbian (umbi garut) dan kacang-kacangan (kacang polong, kacang merah) (Yadav, Sharma & Yadav, 2009; Kim *et al.*, 2010; Faridah, 2011; Ashwar *et al.*, 2016; Astuti, Widaningrum, Asiah, Setyowati, & Fitriawati, 2018). Namun seberapa besar pengaruh proses *autoclaving-cooling* terhadap masing-masing kelompok pangan tersebut belum diketahui. Oleh karena itu perlu dilakukan suatu studi meta-analisis untuk melihat bagaimana pengaruh teknik *autoclaving-cooling* terhadap peningkatan kadar pati resisten, khususnya pada kelompok pangan yang berbeda. Meta-analisis merupakan sintesis ilmiah kuantitatif dari berbagai hasil penelitian untuk mendapatkan suatu kesimpulan tertentu. Metode tersebut telah banyak digunakan dalam berbagai bidang keilmuan baik kedokteran, lingkungan, pertanian, dan lain-lain. Meta-analisis merupakan penelitian berbasis bukti dan dapat menjawab pertanyaan dari berbagai hasil penelitian yang kontradiktif. Dalam meta-analisis, satu atau lebih hasil penelitian diekstraksi ke dalam suatu ukuran efek sebagai "mata uang" yang sama sehingga dapat dibandingkan antara satu penelitian dengan penelitian lainnya, yaitu nilai *d* (Borenstein, Hedges, Higgins, & Rothstein, 2009; Gurevitch, Koricheva, Nakagawa, & Stewart, 2018). Tujuan dari studi ini adalah untuk menganalisis jenis kelompok pangan karbohidrat yang memiliki pengaruh peningkatan kadar pati resisten yang paling signifikan akibat proses *autoclaving-cooling* 2 siklus, dengan menggunakan metode meta-analisis. Hasil studi ini diharapkan dapat memberikan informasi mengenai kelompok pangan karbohidrat dan jenis bahan yang cocok untuk dilakukan modifikasi menggunakan teknik *autoclaving-cooling* 2 siklus.

2. Bahan dan Metode

2.1. Bahan

Bahan yang digunakan adalah artikel hasil penelitian dari jurnal-jurnal nasional dan internasional yang terakreditasi dan bereputasi yang diperoleh dari berbagai *database online* seperti *ProQuest*, *Science Direct*, *Pubmed*, *Wiley Online Library* dan *Google Scholar*.

2.2. Alat

Peralatan yang digunakan antara lain perangkat lunak *Mendeley (version 1.19.8 (2020))*, *WebPlotDigitizer (version 4.3.0)*, *Microsoft Excel (version 16.16.27 (2018))* dan *Meta-essentials workbook (version 1.4)* (Suurmond, van Rhee, & Hak, 2017). *Mendeley* digunakan untuk tahap penyeleksian studi, sedangkan *WebplotDigitizer*, *Microsoft Excel* dan *Meta-essentials workbook* digunakan untuk analisis data.

2.3. Metode

2.3.1. Strategi pencarian

Artikel yang digunakan untuk meta-analisis diseleksi berdasarkan panduan PRISMA (*Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analysis*) (Moher, Liberati, Tetzlaff, Altman, & Grp, 2009). Artikel ditelusuri dan diidentifikasi menggunakan penyedia database ilmiah online bereputasi seperti *ProQuest, Science Direct, Pubmed, Wiley Online Library* dan *Google Scholar*, menggunakan kata kunci "autoclaving cooling", "autoclaving cooling resistant starch", dan "modification starch". Pencarian dilakukan menggunakan fitur *advanced search* dari masing-masing database, dengan memasukkan masing-masing kata kunci tersebut lalu ditambah penyaringan berupa tahun terbit (tahun 2000 - 2020), artikel dari jurnal penelitian saja (pengecualian terhadap buku, paten dan review), serta memuat kata "autoclaving" dan "resistant starch".

2.3.2. Pemilihan artikel/studi

Artikel atau studi dipilih melalui tahapan penyeleksian dan penilaian kelayakan, berdasarkan kriteria inklusi dan eksklusi. Kriteria inklusi yang digunakan adalah artikel yang berasal dari jurnal internasional bereputasi atau jurnal nasional terakreditasi minimal akreditasi B atau Sinta 2. Studi yang dipilih juga merupakan hasil penelitian data primer yang dipublikasi pada rentang waktu 20 tahun terakhir (tahun 2000-2020), memiliki data kadar pati resisten sebelum modifikasi (data kontrol) dan sesudah modifikasi (data percobaan), serta terbatas pada studi yang menggunakan metode *autoclaving-cooling* 2 siklus (*single modification*). Studi juga harus memuat data-data statistik seperti jumlah ulangan kontrol, jumlah ulangan percobaan, rerata dan nilai standar deviasi atau *standard error*. Apabila terdapat data hasil penelitian berupa grafik tanpa angka, maka dilakukan estimasi nilainya menggunakan *Web Plot Digitizer*. Kriteria eksklusi yang digunakan antara lain studi yang berasal dari buku dan paten, serta studi hasil penelitian dengan prosedur perlakuan tambahan selain *autoclaving-cooling* (seperti adanya pregelatinisasi, *debranching* maupun penambahan enzim).

2.3.3. Pengumpulan data

Data hasil penelitian pada studi yang sudah dipilih kemudian diekstrak ke dalam suatu lembar kerja *Microsoft Excel*. Data yang dikumpulkan terdiri dari nama penulis, tahun publikasi, jenis sampel,

nilai rerata dan standar deviasi kadar pati resisten (kontrol dan percobaan) serta jumlah ulangan.

2.3.4. Analisis statistik

Data dianalisis menggunakan nilai ukuran efek *Hedges'd (Standardized Mean Difference/SMD)* dengan nilai selang kepercayaan (*Confidence interval/CI*) 95% dan dikumpulkan dalam suatu model efek acak (*random effects model*) (Afandi, Wijaya, Faridah, Suyatma, & Jayanegara, 2021; Palupi, Jayanegara, Ploeger, & Kahl, 2012). Data-data yang sudah diinput ke dalam *Microsoft Excel* kemudian dihitung nilai S, J, d, Vd, Sd, Wd, Wd*d, D+, Vd+, Sd+ dan CI+ menggunakan lembar kerja yang pernah dikembangkan oleh Afandi (2020) berdasarkan rumus-rumus berikut :

$$d = \frac{\bar{X}^E - \bar{X}^C}{S} \dots\dots\dots (1)$$

$$J = 1 - \frac{3}{(4(N^C + N^E - 2) - 1)} \dots\dots\dots (2)$$

$$S = \sqrt{\frac{(N^E - 1)(S^E)^2 + (N^C - 1)(S^C)^2}{(N^E + N^C - 2)}} \dots\dots\dots (3)$$

$$V_d = \frac{(N^C - N^E)}{(N^C N^E)} + \frac{d^2}{(2(N^C + N^E))} \dots\dots\dots (4)$$

$$d_+ = \frac{(\sum_{i=1}^n w_i d_i)}{(\sum_{i=1}^n w_i)} \dots\dots\dots (5)$$

$$S_d = \sqrt{V_d} \dots\dots\dots (6)$$

$$CI = d \pm (1,96 \times S_d) \dots\dots\dots (7)$$

$$I^2 = \frac{(Q - (n - 1))}{Q} \times 100 \dots\dots\dots (8)$$

$$Q = \sum Wd \cdot d^2 - \left(\frac{(\sum Wd \cdot d)^2}{\sum Wd} \right) \dots\dots\dots (9)$$

$$Wd = 1/V_d \dots\dots\dots (10)$$

Keterangan :

d = nilai ukuran efek

\bar{X}^E = nilai rata-rata dari kelompok sampel uji

\bar{X}^C = nilai rata-rata dari kelompok kontrol

J = faktor koreksi untuk ukuran sampel yang kecil

S = SD *pooled*

Vd = varians dari *Hedges' d*

NE = ukuran sampel dari kelompok sampel uji

(percobaan)

NC = ukuran sampel dari kelompok kontrol

d+ = ukuran efek kumulatif/gabungan

CI = presisi dari ukuran efek (menggunakan 95%

selang kepercayaan)

I^2 = inkonsistensi

Variabel yang digunakan untuk analisis sub kelompok adalah jenis pangan karbohidrat dan jenis sampel. Meta-analisis dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak *Meta-Essentials* (Suurmond *et al.*, 2017) dengan luaran berupa *forest plot*.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Pemilihan artikel/studi

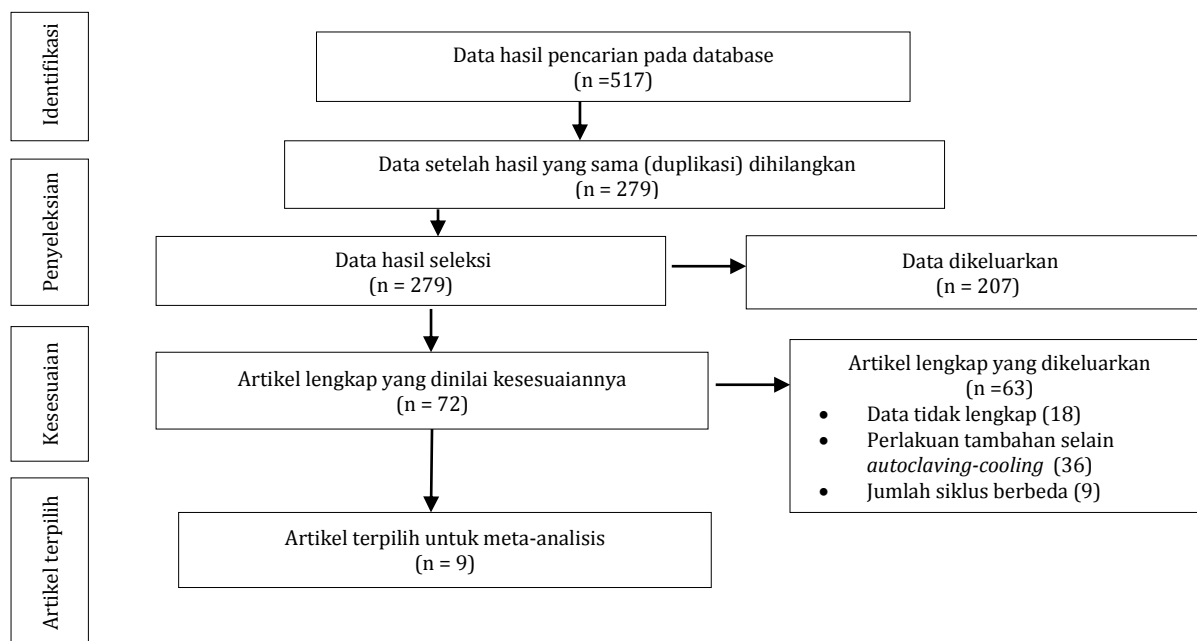
Total jumlah artikel yang diperoleh dari proses pencarian pada database yang digunakan adalah sebanyak 517 artikel. Seluruh artikel dimasukkan ke dalam *software Mendeley* lalu dilakukan penghilangan duplikasi (artikel yang sama), sehingga menghasilkan total 279 artikel yang kemudian diseleksi berdasarkan kriteria inklusi dan eksklusi. Hasil seleksi menghilangkan 207 artikel, yang disebabkan oleh tidak tersedianya data analisis kadar pati resisten sebelum dan sesudah modifikasi serta tidak tersedianya analisis sampel *native* sebagai kontrol. Penyeleksian juga dilakukan pada artikel yang diterbitkan oleh jurnal internasional tidak bereputasi dan jurnal nasional terakreditasi di bawah Sinta 2, serta pada artikel yang memuat modifikasi pati lain selain *autoclaving-cooling*. Berdasarkan hasil seleksi, diperoleh 72 artikel lengkap untuk dinilai kesesuaiannya. Sebanyak 63 artikel dikeluarkan karena beberapa alasan, diantaranya data yang tidak lengkap (tidak ada data standar deviasi atau jumlah ulangan sampel), adanya perlakuan tambahan seperti penambahan asam atau enzim, serta jumlah siklus *autoclaving-cooling* yang berbeda. Total artikel lengkap yang

dilakukan meta-analisis adalah sebanyak 9 artikel (Gambar 1).

3.2. Analisis data

Jumlah data hasil analisis kadar pati resisten yang diekstrak dari 9 artikel terpilih adalah sebanyak 27 data. Ringkasan data dari masing-masing studi tersaji pada Tabel 1. Seluruh data kemudian diolah menggunakan lembar kerja *Microsoft Excel* yang dikembangkan oleh Afandi (2020) berdasarkan rumus perhitungan Palupi *et al.*, (2012) dan Borenstein *et al.*, (2009) untuk menentukan nilai ukuran efek, nilai inkonsistensi/heterogenitas (I^2) dan nilai *p value*. Nilai ukuran efek dari masing-masing studi kemudian dianalisis kembali menggunakan *Meta Essentials* untuk menentukan nilai ukuran efek gabungan dan 95% selang kepercayaan (CI) (taraf signifikansi 0,05). Nilai ukuran efek yang digunakan pada studi ini adalah nilai *Hedges'd (Standardized Mean Difference/SMD)*, karena lebih sesuai untuk mengestimasi pengaruh perlakuan yang berpasangan terlepas dari heterogenitas sampel (Afandi, 2020).

Limitasi dari studi ini diantaranya yaitu terbatasnya jumlah data yang dianalisis karena tidak semua studi/artikel memuat data statistik yang diperlukan, seperti jumlah ulangan atau nilai standar deviasi dari nilai kadar pati resisten. Komunikasi terhadap penulis artikel untuk memperoleh data yang dibutuhkan sudah dilakukan, namun hanya beberapa yang memberikan respon. Studi ini juga memiliki keterbatasan jenis sampel dari masing-masing kelompok pangan karbohidrat berdasarkan studi/artikel yang memenuhi kriteria inklusi.



Gambar 1. Proses pemilihan artikel/studi untuk selanjutnya dilakukan meta-analisis

Pada proses *autoclaving-cooling*, terjadi pembentukan pati rantai pendek teretrogradasi (Setiarto *et al.*, 2015), yang apabila dilakukan pemanasan di atas suhu gelatinisasi menghasilkan disosiasi ikatan hidrogen dan pelepasan fraksi amilosa. Pati rantai pendek teretrogradasi ini saling berikatan membentuk struktur *double helix*, yang juga saling berikatan satu sama lain, sehingga terjadi proses rekristalisasi amilosa membentuk pati resisten tipe 3 (RS3) yang tahan terhadap hidrolisis enzim (Sajilata *et al.*, 2006; Zabar, Shimoni, & Bianco-Peled, 2008; Mutungi, Rost, Onyango, Jaros, & Rohm, 2009; Fuentes-Zaragoza *et al.*, 2010; Ashwar *et al.*, 2016). Pembentukan pati resisten (RS3) pada proses rekristalisasi dalam *autoclaving-cooling* inilah yang mengakibatkan kadar pati resisten dalam suatu bahan menjadi meningkat. Hipotesis yang diuji pada studi meta-analisis ini yaitu bahwa semakin besar peningkatan kadar pati resisten, maka semakin tinggi pengaruh proses

modifikasi *autoclaving-cooling* pada bahan pangan tersebut.

Forest plot hasil meta-analisis (Gambar 2) menunjukkan bahwa terdapat pengaruh yang signifikan dari proses *autoclaving-cooling* terhadap perubahan kadar pati resisten, dengan nilai ukuran efek SMD gabungan sebesar 7,23 dengan CI 95% (3,94 s.d 10,52), *p value* <0,001 dan heterogenitas (I^2) yang tinggi yaitu sebesar 84,99%. Pada meta-analisis ini digunakan model efek acak, dimana ukuran efek sebenarnya berbeda antara satu studi dengan studi lainnya. Hal ini menyebabkan uji heterogenitas perlu dilakukan untuk melihat keragaman studi yang dianalisis. Nilai heterogenitas (I^2) pada studi meta-analisis ini dapat dikatakan baik karena memiliki nilai yang mendekati 100%. Nilai I^2 yang semakin tinggi menunjukkan bahwa ukuran efek antar studi semakin heterogen dan dapat mewakili keragaman data (Retnawati, Apino, Kartianom, Djidu, & Anazifa, 2018).

Tabel 1

Perubahan kadar pati resisten pada pangan tinggi karbohidrat

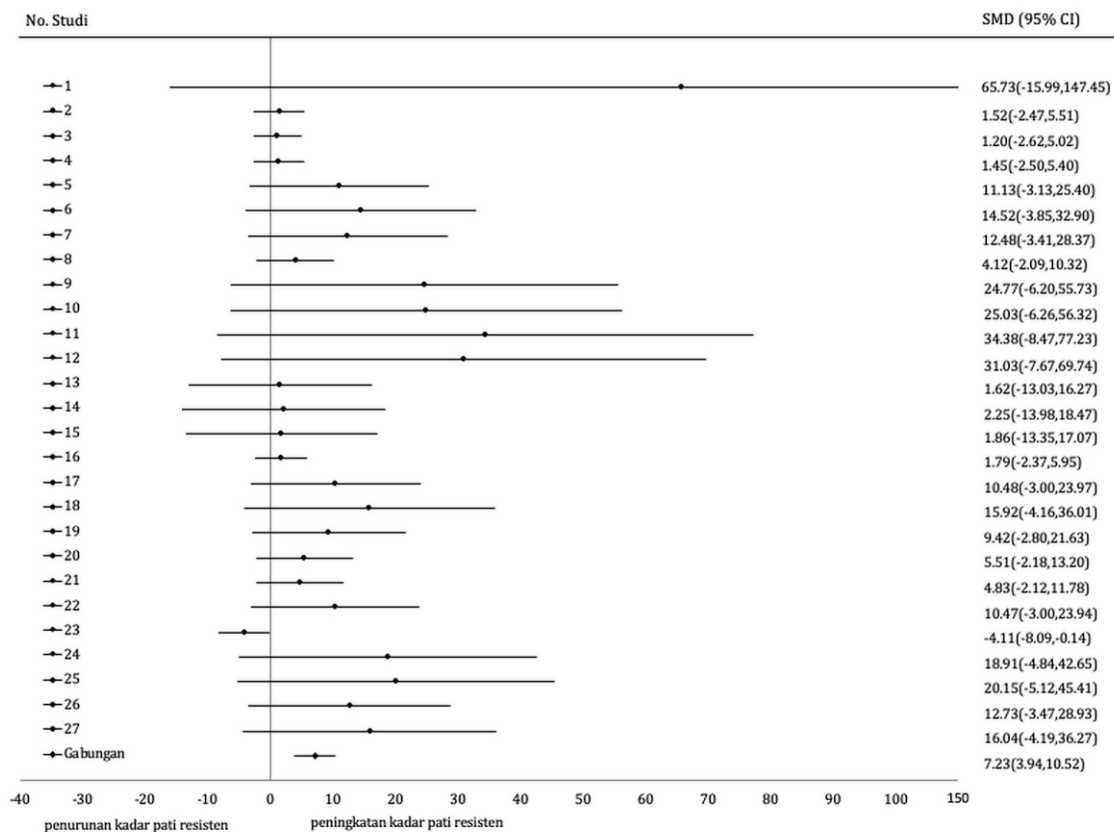
No.	Studi	Pati Resistensi Kontrol (%)	Pati Resistensi setelah modifikasi (%)	Perubahan pati resisten (%)	Sampel
Kelompok Pangan : Umbi-umbian (n = 8)					
1	(Setiarto <i>et al.</i> , 2018)	4,13	11,15	169,98	Talas Bogor
2	(Rosida <i>et al.</i> , 2015)	5,07	6,99	37,87	Ubi kelapa ungu
3	(Rosida <i>et al.</i> , 2015)	4,06	6,27	54,43	Ubi kelapa kuning
4	(Rosida <i>et al.</i> , 2015)	5,21	8,25	58,35	Ubi kelapa putih
5	(Setiarto, Widhyastuti, & Sumariyadi, 2018)	2,80	7,20	157,14	Singkong
6	(Setiarto & Yunirma, 2017)	2,14	6,86	220,56	Gadung
7	(Yadav <i>et al.</i> , 2009)	2,10	2,88	37,14	Kentang
8	(Yadav <i>et al.</i> , 2009)	1,32	1,93	46,21	Ubi jalar
Rerata peningkatan pati resisten (n = 8) : 97,71%					
Kelompok Pangan : Serealia (n = 14)					
9	(Ashwar <i>et al.</i> , 2016)	4,42	30,31	585,75	Beras SR-1
10	(Ashwar <i>et al.</i> , 2016)	8,26	35,80	333,41	Beras SR-2
11	(Ashwar <i>et al.</i> , 2016)	5,91	32,56	450,93	Beras Pusa Sugandh
12	(Ashwar <i>et al.</i> , 2016)	10,94	38,65	253,29	Beras Jhelum
13	(Yuliwardi, Syamsira, Hariyadi, & Widowati, 2014)	8,24	10,03	21,72	Beras Ciharang IgR
14	(Yuliwardi <i>et al.</i> , 2014)	5,31	8,69	63,65	Beras Basmati
15	(Yuliwardi <i>et al.</i> , 2014)	6,19	8,47	36,83	Beras IR42
16	(Giuberti, Marti, Gallo, Grassi, & Spigno, 2019)	43,70	56,90	30,21	Shorgum
17	(Shah, Masoodi, Gani, & Ashwar, 2016)	23,90	38,88	62,68	Oat Sabzaar
18	(Shah <i>et al.</i> , 2016)	17,39	29,14	67,57	Oat SK020
19	(Shah <i>et al.</i> , 2016)	17,14	25,81	50,58	Oat S090
20	(Yadav <i>et al.</i> , 2009)	1,76	2,87	63,07	Gandum
21	(Yadav <i>et al.</i> , 2009)	1,24	1,88	51,61	Beras
22	(Yadav <i>et al.</i> , 2009)	2,57	4,11	59,92	Barley
Rerata peningkatan pati resisten (n = 14) : 152,23%					
Kelompok Pangan : Kacang-kacangan (n = 5)					
23	(Escobedo, Loarca-Piña, Gaytan-Martínez, Orozco-Avila, & Mojica, 2020)	6,53	4,79	-26,65	Kacang hitam
24	(Yadav <i>et al.</i> , 2009)	4,55	8,63	89,67	Kacang arab
25	(Yadav <i>et al.</i> , 2009)	3,16	5,93	87,66	Kacang polong
26	(Yadav <i>et al.</i> , 2009)	4,89	8,13	66,26	Lentil
27	(Yadav <i>et al.</i> , 2009)	4,12	6,53	58,50	Kacang merah
Rerata peningkatan pati resisten (n = 4) : 75,52%					
Rerata penurunan pati resisten (n = 1) : -26,65%					
Total n = 27; peningkatan pati resisten (n = 26) : 96,30% ; penurunan pati resisten (n = 1) : 3,70%					

Nilai ukuran efek yang diperoleh mengindikasikan bahwa secara umum hasil meta-analisis mendukung teori hubungan antara proses modifikasi *autoclaving-cooling* terhadap peningkatan kadar pati resisten. Hanya terdapat 1 data yang tidak sesuai dengan teori tersebut yaitu pada studi no.23 dari Escobedo *et al.*, (2020) yang menunjukkan penurunan kadar pati resisten pada sampel kacang hitam. Penurunan kadar pati resisten setelah modifikasi kemungkinan berhubungan dengan proses penghancuran pati resisten tipe 1 (RS1) dan tipe 2 (RS2) yang lebih tinggi selama proses pemanasan autoklaf, dibanding pembentukan pati resisten tipe 3 (RS3) (Lockyer & Nugent, 2017). Escobedo *et al.*, (2020) juga menyatakan bahwa selama proses pemanasan pada biji kacang, dapat terjadi interaksi antara protein dari gugus amino yang berikatan dengan gugus karbonil pati. Interaksi ini menyebabkan retrogradasi pati tidak dapat dilakukan, sehingga mengakibatkan penurunan kadar pati resisten. Penurunan kadar pati resisten setelah proses *autoclaving-cooling* juga pernah terjadi di penelitian lain yang menggunakan bahan pangan kacang-kacangan, antara lain pada kacang gude (*pigeon pea*), lentil hijau (*green gram*), lentil hitam (*black*

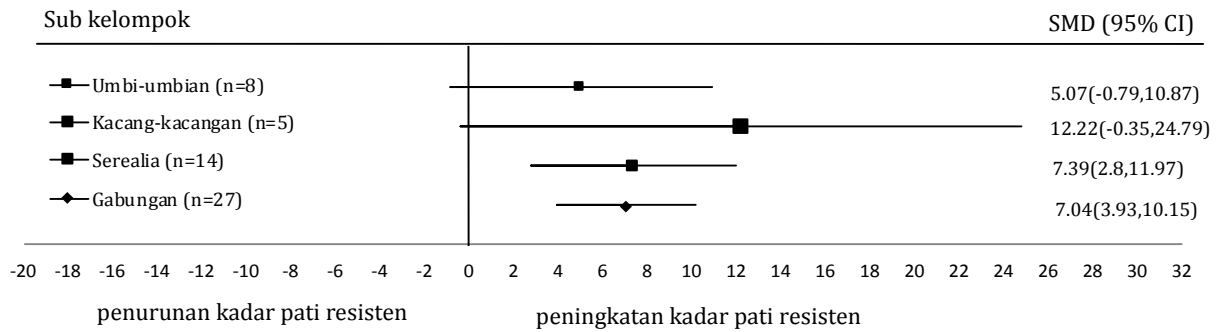
gram) dan kacang hitam (*black bean*) (Kasote, Nilegaonkar, & Agte, 2014; Escobedo *et al.*, 2020).

3.3. Pengaruh perbedaan jenis pangan karbohidrat terhadap perubahan kadar pati resisten

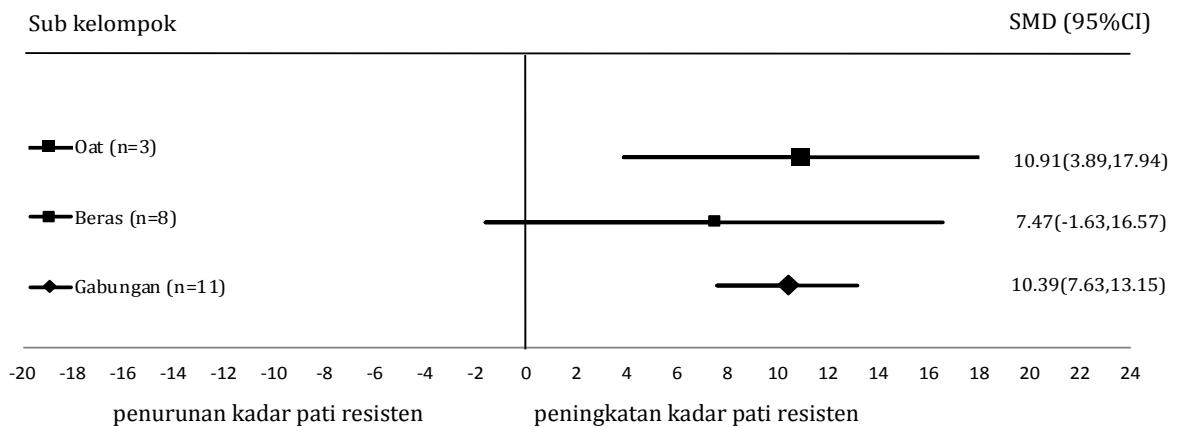
Berdasarkan Tabel 1 terlihat ada total 27 data studi yang melaporkan perubahan kadar pati resisten setelah dimodifikasi menggunakan teknik *autoclaving-cooling* 2 siklus. Sebanyak 96,30% data studi melaporkan adanya peningkatan kadar pati resisten sedangkan 3,70% data studi melaporkan penurunan kadar pati resisten. Terdapat 3 jenis kelompok pangan karbohidrat yang digunakan pada studi kali ini, yaitu umbi-umbian (n=8), kacang-kacangan (n=5) dan sereal (n=14). Masing-masing jenis pangan karbohidrat memberikan hasil yang bervariasi terhadap perubahan kadar pati resisten setelah dilakukan modifikasi *autoclaving-cooling* 2 siklus. Pangan umbi-umbian mengalami perubahan kadar pati resisten sebesar 37,14 s.d 220,56% (rerata peningkatan 97,71%), lalu kelompok kacang-kacangan sebesar -26,65 s.d 89,67% (rerata peningkatan 75,52%) dan kelompok sereal sebesar 21,71 s.d 585,75% (rerata peningkatan 152,23%). Yuliwardi *et al.*, (2014)



Gambar 2. Forest plot hasil meta-analisis seluruh data



Gambar 3. Forest plot analisis sub kelompok pangan karbohidrat



Gambar 4. Forest plot analisis sub kelompok jenis sampel

menyatakan bahwa perbedaan kenaikan kadar pati resisten dapat disebabkan oleh perbedaan kandungan amilosa dari bahan baku. Selain kadar amilosa, hasil modifikasi pati dipengaruhi oleh berbagai faktor, diantaranya komposisi pati, sumber pati, rasio amilosa dan amilopektin, serta susunan rantai amorf dan kristalin dalam granula pati (Zavareze & Dias, 2011). *Forest plot* hasil analisis pengaruh perbedaan jenis pangan karbohidrat ini dapat dilihat pada Gambar 3.

Berdasarkan hasil *forest plot* terlihat bahwa kelompok pangan serealia memiliki pengaruh yang signifikan terhadap peningkatan kadar pati resisten (SMD: 7,39; 95% CI: 2,8 s.d 11,97; $p < 0,001$) karena memiliki nilai luasan ukuran efek (selang kepercayaan) di atas kriteria. Sedangkan pangan umbi-umbian (SMD: 5,07; 95% CI: -0,79 s.d 10,87; $p < 0,001$) dan kacang-kacangan (SMD: 12,22; 95% CI: -0,35 s.d 24,79; $p < 0,001$) memiliki nilai yang tidak signifikan karena luasan ukuran efek (selang kepercayaan) berada di bawah kriteria. Hasil *forest plot* untuk data gabungan menyatakan bahwa secara umum proses *autoclaving-cooling* pada seluruh sampel memiliki pengaruh yang signifikan terhadap peningkatan kadar pati resisten (SMD: 7,04, 95% CI: 3,93 s.d 10,15; p value $< 0,001$).

3.4. Pengaruh perbedaan jenis sampel terhadap perubahan kadar pati resisten

Analisis lanjutan kemudian dilakukan untuk melihat pengaruh perbedaan jenis sampel terhadap perubahan kadar pati resisten. Analisis lanjutan dilakukan pada data kelompok pangan serealia, yaitu pada jenis sampel oat dan beras, sedangkan analisis lanjutan pada kelompok pangan umbi-umbian dan kacang-kacangan tidak dilakukan karena keterbatasan jumlah data dari masing-masing jenis sampel.

Forest plot hasil analisis pengaruh perbedaan jenis sampel pada kelompok pangan serealia dapat dilihat pada Gambar 4.

Berdasarkan hasil *forest plot* terlihat bahwa jenis sampel oat (SMD: 10,91; 95% CI: 3,89 s.d 17,94; $p < 0,001$) memiliki pengaruh yang signifikan dibandingkan jenis sampel beras yang tidak berpengaruh signifikan (SMD: 7,47; 95% CI: -1,63 s.d 16,57; $p < 0,001$). Nilai ukuran efek dari sampel oat juga lebih besar dibandingkan sampel beras, yang artinya bahwa perlakuan *autoclaving-cooling* 2 siklus pada sampel oat memiliki pengaruh peningkatan kadar pati resisten yang lebih tinggi dibandingkan pada sampel beras. Hasil *forest plot* untuk data gabungan menyatakan bahwa secara

umum proses autoclaving-cooling pada seluruh signifikan terhadap peningkatan kadar pati resisten (SMD: 10,39, 95% CI: 7,63 s.d 13,15; p value <0,001).

4. Kesimpulan

Hasil studi meta-analisis menunjukkan bahwa perlakuan modifikasi autoclaving-cooling 2 siklus pada jenis pangan sereal memiliki pengaruh yang signifikan dalam peningkatan kadar pati resisten (SMD: 7,39; 95% CI: 2,8 s.d 11,97; p <0,001), dibandingkan pada umbi-umbian (SMD: 5,07; 95% CI: -0,79 s.d 10,87; p <0,001) dan kacang-kacangan (SMD: 12,22; 95% CI: -0,35 s.d 24,79; p <0,001). Uji lanjutan pada 2 jenis sampel dari kelompok pangan sereal menunjukkan bahwa sampel oat (SMD: 10,91; 95% CI: 3,89 s.d 17,94; p <0,001) memiliki pengaruh yang signifikan dalam peningkatan kadar pati resisten dibandingkan sampel beras (SMD: 7,47; 95% CI: -1,63 s.d 16,57; p <0,001).

5. Saran

Perlu dilakukan pengembangan strategi dalam memperoleh kelengkapan data untuk meminimalisir jumlah artikel yang dikeluarkan pada proses penyeleksian kesesuaian, sehingga data yang dapat dianalisis menjadi lebih banyak. Meta-analisis lebih lanjut terkait metode autoclaving-cooling yang digunakan juga dapat dilakukan, untuk memperoleh peningkatan kadar pati resisten yang paling signifikan.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Lembaga Pengelola Dana Pendidikan (LPDP) atas bantuan biaya penelitian tesis Tahun 2020 yang diberikan kepada penulis.

Daftar Pustaka

Afandi, F. A. (2020). *Meta-analisis faktor-faktor penentu nilai indeks glikemik bahan pangan pati-patian dan verifikasi dengan menggunakan model pangan*. Unpublished doctoral dissertation. IPB University, Bogor.

Afandi, F. A., Wijaya, C. H., Faridah, D. N., Suyatma, N. E., & 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), 364. <https://doi.org/10.3390/foods10020364>

Ashwar, B. A., Gani, A., Wani, I. A., Shah, A., Masoodi, F. A., & Saxena, D. C. (2016). Production of resistant starch from rice by dual autoclaving-

sampel sereal yang diolah memiliki pengaruh yang retrogradation treatment: Invitro digestibility, thermal and structural characterization. *Food Hydrocolloids*, 56, 108–117. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2015.12.004>

Astuti, R. M., Widaningrum, Asiah, N., Setyowati, A., & Fitriawati, R. (2018). Effect of physical modification on granule morphology, pasting behavior, and functional properties of arrowroot (*Marantha arundinacea* L) starch. *Food Hydrocolloids*, 81, 23–30. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2018.02.029>

Borenstein, M., Hedges, L. V., Higgins, J. P. ., & Rothstein, H. R. (2009). *Introduction to Meta-Analysis*. John Wiley & Sons, Ltd. (1st ed.). John Wiley & Sons, Ltd. https://doi.org/10.1007/978-3-319-14908-0_2

Escobedo, A., Loarca-Piña, G., Gaytan-Martínez, M., Orozco-Avila, I., & Mojica, L. (2020). Autoclaving and extrusion improve the functional properties and chemical composition of black bean carbohydrate extracts. *Journal of Food Science*, 85(9), 2783–2791. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.15356>

Faridah, D. N. (2011). *Perubahan karakteristik kristalin pati garut (Maranta arundinacea L.) dalam pengembangan pati resisten tipe III*. Unpublished doctoral dissertation. IPB University, Bogor.

Fuentes-Zaragoza, E., Riquelme-Navarrete, M. J., Sánchez-Zapata, E., & Pérez-Álvarez, J. A. (2010). Resistant starch as functional ingredient: A review. *Food Research International*, 43(4), 931–942. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2010.02.004>

Giuberti, G., Marti, A., Gallo, A., Grassi, S., & Spigno, G. (2019). Resistant starch from isolated white sorghum starch: Functional and physicochemical properties and resistant starch retention after cooking. A comparative study. *Starch/Staerke*, 71(7–8), 1–9. <https://doi.org/10.1002/star.201800194>

Gurevitch, J., Koricheva, J., Nakagawa, S., & Stewart, G. (2018). Meta-analysis and the science of research synthesis. *Nature*, 555(7695), 175–182. <https://doi.org/10.1038/nature25753>

Kasote, D. M., Nilegaonkar, S. S., & Agte, V. V. (2014). Effect of different processing methods on resistant starch content and in vitro starch digestibility of some common Indian pulses. *Journal of Scientific and Industrial Research*, 73(8), 541–546.

Kim, N. H., Kim, J. H., Lee, S., Lee, H., Yoon, J. W.,

- Wang, R., & Yoo, S. H. (2010). Combined effect of autoclaving-cooling and crosslinking treatments of normal corn starch on the resistant starch formation and physicochemical properties. *Starch/Staerke*, 62(7), 358–363. <https://doi.org/10.1002/star.200900237>
- Lockyer, S., & Nugent, A. P. (2017). Health effects of resistant starch. *Nutrition Bulletin*, 42(1), 10–41. <https://doi.org/10.1111/nbu.12244>
- Moher, D., Liberati, A., Tetzlaff, J., Altman, D. G., & Grp, P. (2009). Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: The PRISMA statement (Reprinted from annals of internal medicine). *Physical Therapy*, 89(9), 873–880. <https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1000097>
- Mutungi, C., Rost, F., Onyango, C., Jaros, D., & Rohm, H. (2009). Crystallinity, thermal and morphological characteristics of resistant starch type iii produced by hydrothermal treatment of debranched cassava starch. *Starch/Staerke*, 61(11), 634–645. <https://doi.org/10.1002/star.200900167>
- 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*. <https://doi.org/10.1002/jsfa.5639>
- Retnawati, H., Apino, E., Kartianom, Djidu, H., & Anazifa, R. D. (2018). *Pengantar analisis meta*. (E. Apino, Ed.). Yogyakarta: Parama Publishing.
- Rosida, Harijono, Estiasih, T., & Sriwahyuni, E. (2015). Physicochemical properties and starch digestibility of autoclaved-cooled water yam (*Dioscorea Alata* L.) flour. *International Journal of Food Properties*, 19(8), 1659–1670. <https://doi.org/10.1080/10942912.2015.1105818>
- Sajilata, M. G., Singhal, R. S., & Kulkarni, P. R. (2006). Resistant starch - A review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 5(1), 1–17. <https://doi.org/10.1111/j.1541-4337.2006.tb00076.x>
- Setiarto, R. H. B., Jenie, B. S. L., Faridah, D. N., & Saskiawan, I. (2015). Study of development resistant starch contained in food ingredients as prebiotic source. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*, 20(3), 191–200. <https://doi.org/10.18343/jipi.20.3.191>
- Setiarto, R. H. B., Jenie, B. S. L., Faridah, D. N., Saskiawan, I., & Sulistiani. (2018). Effect of lactic acid bacteria fermentation and autoclaving-cooling for resistant starch and prebiotic properties of modified taro flour. *International Food Research Journal*, 25(4), 1691–1697.
- Setiarto, R. H. B., Widhyastuti, N., & Sumariyadi, A. (2018). Peningkatan kadar pati resisten tipe III tepung singkong termodifikasi melalui fermentasi dan pemanasan bertekanan (Improvement level of resistant starch type III on modified cassava flour using fermentation and autoclaving-cooling). *Biopropal Industri*, 9(1), 9–23. <https://doi.org/10.36974/jbi.v9i1.3425>
- Setiarto, R. H. B., & Yunirma, F. (2017). Produksi tepung gadung (*Dioscorea hispida Dennst*) kaya pati resisten melalui fermentasi bakteri asam laktat dan pemanasan bertekanan pendinginan. *Jurnal Pangan*, 26(2), 1–16.
- Shah, A., Masoodi, F. A., Gani, A., & Ashwar, B. A. (2016). In-vitro digestibility, rheology, structure, and functionality of RS3 from oat starch. *Food Chemistry*, 212, 749–758. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.06.019>
- Sugiyono, Pratiwi, R., & Faridah, N. (2009). Modifikasi pati garut (*Marantha arundinacea*) dengan perlakuan siklus pemanasan suhu tinggi-pendinginan (Autoclaving-cooling cycling) untuk menghasilkan pati resisten tipe III. *J. Teknol. Dan Industri Pangan*, XX(1), 17–24.
- Suurmond, R., van Rhee, H., & Hak, T. (2017). Introduction, comparison, and validation of Meta-Essentials: A free and simple tool for meta-analysis. *Research Synthesis Methods*, 8(4), 537–553. <https://doi.org/10.1002/jrsm.1260>
- Yadav, B. S., Sharma, A., & Yadav, R. B. (2010). Resistant starch content of conventionally boiled and pressure-cooked cereals, legumes and tubers. *Journal of Food Science and Technology*, 47(1), 84–88. <https://doi.org/10.1007/s13197-010-0020-6>
- Yadav, B. S., Sharma, A., & Yadav, R. B. (2009). Studies on effect of multiple heating/cooling cycles on the resistant starch formation in cereals, legumes and tubers. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 60(SUPPL.4), 258–272. <https://doi.org/10.1080/09637480902970975>
- Yuliwardi, F., Syamsira, E., Hariyadi, P., & Widowati, S. (2014). Pengaruh dua siklus autoclaving-cooling terhadap kadar pati resisten tepung beras dan bihun yang dihasilkannya. *Pangan*, 23(1), 43–51.
- Zabar, S., Shimoni, E., & Bianco-Peled, H. (2008). Development of nanostructure in resistant starch type III during thermal treatments and cycling. *Macromolecular Bioscience*, 8(2), 163–170.

<https://doi.org/10.1002/mabi.200700183>

Zavareze, E. D. R., & Dias, A. R. G. (2011). Impact of heat-moisture treatment and annealing in starches: A review. *Carbohydrate Polymers*, 83(2), 317-328.
<https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2010.08.064>

Zhang, L., Li, H. T., Shen, L., Fang, Q. C., Qian, L. L., & Jia, W. P. (2015). Effect of dietary resistant starch on prevention and treatment of obesity-related diseases and its possible mechanisms. *Biomedical and Environmental Sciences*, 28(4), 291-297.
<https://doi.org/10.3967/bes2015.040>