

“Membangun Sinergi antar Perguruan Tinggi dan Industri Pertanian dalam Rangka Implementasi Merdeka Belajar Kampus Merdeka”

Aplikasi *Autoclaving-Cooling* dalam Karakterisasi Komponen Gizi Kacang Koro Benguk, Kacang Merah, dan Kacang Hitam

Wahyu Mushollaeni¹, Atina Rahmawati¹, dan Efriani Kurnia²

¹ Universitas Tribhuwana Tunggaladewi, Jl.Telaga Warna, Tlogomas, Malang, Jawa Timur

² Efriani Kurnia, Alumni Universitas Tribhuwana Tunggaladewi, Jl.Telaga Warna, Tlogomas, Jawa Timur

Abstrak

Autoclaving-cooling merupakan salah satu teknologi pengolahan bahan pangan yang mengkombinasikan prinsip fisika pemanasan dan pendinginan yang melibatkan faktor suhu, tekanan, dan kadar air. Teknologi tersebut lebih mudah dan aman diaplikasikan pada pengolahan bahan pangan, karena menggunakan teknologi yang cukup sederhana dan tidak menggunakan bahan kimia yang dapat meninggalkan residu pada produk. *Autoclaving-cooling* digunakan pada pengolahan bahan pangan berkarbohidrat, yang berfungsi untuk memodifikasi karakteristik pati diantaranya meningkatkan viskositas, gelatinisasi, stabilitas, dan retrogradasi. Penelitian menggunakan *autoclaving-cooling* pada kacang koro pedang putih menghasilkan peningkatan kadar karbohidrat, pati, dan serat larutnya, namun tidak memberikan dampak yang nyata terhadap kadar gizi lainnya. Jenis kacang lainnya yang potensinya cukup besar di Indonesia adalah kacang koro benguk, kacang merah, dan kacang hitam. Namun hingga saat ini pengembangan ketiga kacang tersebut sebagai bahan baku pangan sehat masih belum banyak dilakukan, terutama dengan mengaplikasikan teknologi *autoclaving-cooling*. Tujuan penelitian ini adalah untuk mendapatkan kombinasi jenis dan lama pendinginan menggunakan metode *autoclaving-cooling* yang menghasilkan produk dengan karakteristik gizi terbaik. Penelitian menggunakan Rancangan Acak Tersarang dengan faktor utama adalah jenis kacang (kacang koro benguk, kacang merah, kacang hitam) dan lama pendinginan (24, 48, dan 72 jam) sebagai faktor kedua. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan terbaik dari keseluruhan parameter dan jenis kacang adalah jenis kacang koro benguk dengan lama pendinginan 72 jam, sedangkan untuk masing-masing jenis kacang merah dan hitam, kombinasi terbaik diperoleh dengan lama pendinginan selama 72 jam dan 48 jam.

Kata kunci: *autoclaving-cooling*, kacang koro benguk, kacang merah, kacang hitam, gizi

Pendahuluan

Autoclaving-cooling merupakan salah satu teknologi yang digunakan dalam pengolahan bahan pangan. Teknologi tersebut masih tergolong baru dan termasuk dalam metode

kombinasi yang menggabungkan dua atau lebih prinsip pengolahan pangan, diantaranya pemanasan, pendinginan, pemanfaatan tekanan, dan pengaturan kadar air. *Autoclaving-cooling* juga termasuk teknologi pengolahan modifikasi secara fisik yang melibatkan prinsip pengaturan suhu, tekanan, dan kadar air. Prinsip modifikasi secara fisik cenderung lebih aman dan tidak meninggalkan residu yang dapat membahayakan kesehatan jika dibandingkan dengan penggunaan bahan kimia dalam proses pengolahannya.

Perlakuan modifikasi secara fisik pada pengolahan bahan pangan, diantaranya ekstruksi, *praboiling*, iradisi, *steam-cooking*, pemakaian peralatan *microwave*, *hydrothermal treatment*, dan *autoclaving-cooling* dapat mempengaruhi karakteristik fisikokimia suatu bahan. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Anugrahati dan Widjanarko (2018), terdapat perubahan karakteristik tepung kacang merah yang diperlakukan dengan proses *autoclaving-cooling*. Produk yang dihasilkan juga memiliki komponen gizi yang kadarnya lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan non *autoclaving-cooling*, serta produk akhir mengandung kadar pati resisten yang lebih tinggi. Produk pangan yang mengandung pati resisten sangat baik bagi kesehatan karena dapat berpotensi untuk mengurangi kadar gula darah yang terlalu tinggi dalam tubuh, menekan lemak berlebih dan trigliserida, serta mencegah obesitas (Wariyah *et al.*, 2019; Si *et al.*, 2017; Sullivan *et al.*, 2017; Matsuda *et al.*, 2016; Sajilata *et al.*, 2006).

Aneka jenis bahan berkarbohidrat telah diolah menggunakan metode *autoclaving-cooling* untuk meningkatkan kadar gizi, serat pangan, dan pati resistennya. Namun, untuk jenis kacang lokal yang ada di Indonesia masih relatif jarang diteliti, diantaranya kacang koro benguk (*Mucuna pruriens*), kacang merah (*Phaseolus vulgaris*), dan kacang hitam (*Cajanus sp.*). Ketiga jenis kacang tersebut digunakan oleh masyarakat sebagai sumber karbohidrat alternatif untuk diolah menjadi bahan pangan sehari-hari. Dilaporkan dalam penelitian Lampariello *et al.* (2012), koro benguk mengandung senyawa-senyawa gizi penting bagi kesehatan, senyawa yang bersifat antioksidan, berbagai senyawa bioaktif dari golongan polifenol, mengandung senyawa anti mikroba, dan konsumsinya dapat mencegah penyakit parkinson (Sathiyarayanan *et al.*, 2007). Kacang merah berpotensi sebagai bahan pangan bergizi tinggi dengan kandungan protein, mineral, vitamin, serat pangan, dan berbagai senyawa penting lainnya yang berpotensi untuk menjaga kesehatan tubuh (Shehzad *et al.*, 2015; Qayyum *et al.*, 2012). Kacang hitam yang termasuk dalam rumpun tanaman Legum telah diteliti kandungan gizi dan komponen bioaktifnya. Kacang hitam tersebut mengandung berbagai senyawa bioaktif diantaranya fenolik dan flavonoid yang mampu berperan dalam menjaga kesehatan tubuh (Mushollaeni *et al.*, 2019; Mushollaeni *et al.*, 2018). Namun

demikian, upaya pengolahan pangan dengan metode fisik *autoclaving-cooling* belum diteliti untuk ketiga jenis kacang tersebut dan belum diketahui pengaruhnya terhadap komposisi gizinya. Masyarakat juga relatif jarang memanfaatkan ketiga jenis kacang tersebut dalam olehan pangannya sehari-hari, terutama dari jenis kacang hitam karena pengolahannya membutuhkan waktu yang lama. Kelemahan lainnya adalah adanya bau khas kacang dari ketiga jenis kacang tersebut, serta bau langu yang cukup menyengat dan masih kerasnya kacang hitam walaupun telah diolah dengan waktu yang lama, sehingga pemanfaatannya tidak dapat optimal. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan kombinasi jenis kacang dengan lama pendinginan menggunakan metode *autoclaving-cooling* yang menghasilkan kombinasi masing-masing kacang dengan kandungan gizi terbaik. Penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat dalam mendapatkan metode pengolahan baru untuk ketiga jenis kacang tersebut yang dapat mengemukakan dan mempertahankan komponen gizi didalamnya sekaligus dapat mengurangi kelemahan yang ada.

Metodologi

A. Alat dan bahan

Peralatan yang digunakan pada penelitian ini adalah timbangan analitik, peralatan gelas laboratorium, oven listrik, penapis, gunting, sensor suhu, desikator, aluminium foil, tanur, krus porselin, set peralatan kjeldhal, dan set peralatan analisa lemak. Bahan-bahan yang digunakan meliputi kacang koro benguk dan kacang merah yang didapatkan dari pasar lokal Kota Malang, serta kacang hitam yang berasal dari Nusa Tenggara Timur. Bahan-bahan kimia untuk analisa parameter kadar gizi meliputi HCl, NaOH, indikator PP, aquadest, KI, natrium Thiosulfat 0,1 N, K₂SO₄, CuSO₄, H₃BO₃, NaOH, H₂SO₄, HCl, aquades, indikator BCG-MR, Aceton, NaOH, Etanol 96%.

B. Metode

Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Tersarang dengan 2 faktor yaitu jenis kacang (kacang merah, kacang koro benguk, dan kacang hitam) sebagai faktor utama dan lama pendinginan (24, 48, dan 72 jam) sebagai faktor kedua yang tersarang pada faktor utama. Kombinasi perlakuan tersebut, masing-masing diulang sebanyak 2 kali, sehingga didapatkan 18 unit percobaan.

Analisis data dilakukan dengan metode *analysis of variance* (ANOVA) untuk rancangan tersarang (CRD nested) pada taraf kepercayaan α 5% dan α 1% menggunakan

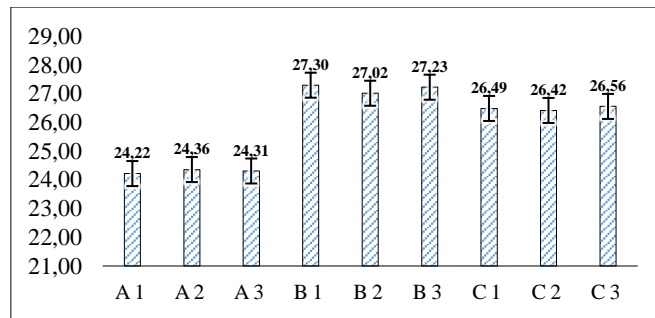
SPSS v25. yang bertujuan untuk mengetahui ada atau tidaknya pengaruh jenis kacang dan lama pendinginan terhadap karakteristik komponen gizi dari ketiga jenis kacang tersebut. Jika terdapat pengaruh dari perlakuan, dilanjutkan dengan uji lanjut HSD Tukey α 5%. Analisa perlakuan terbaik menggunakan Metode Indeks Efektifitas (De Garmo *et al.*, 1984).

Penelitian ini terdiri dari tiga tahap yaitu pembuatan tepung kacang (tepung kacang merah, kacang hitam, dan kacang koro benguk), analisis komponen gizi, dan uji perlakuan terbaik. Tahapan pembuatan kacang dimulai dari sortasi untuk memisahkan biji kacang yang baik dan yang cacat. Kacang dicuci sampai bersih, lalu ditiriskan. Selanjutnya dilakukan penghancuran kasar selama 5 menit, kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu 50°C selama 30 menit. Setelah dikeringkan, dilakukan pencampuran dalam botol dengan penambahan aquades dengan perbandingan 1:1 (b/v). Botol yang sudah diisi kacang dan aquades dimasukkan kedalam *autoclave* pada suhu 121°C selama 15 menit, kemudian dilakukan pendinginan pada suhu ruang 27-28°C selama 5 menit. Botol yang berisi hancuran kacang tersebut, dimasukkan kedalam lemari es pada suhu 4°C sesuai perlakuan yaitu masing-masing selama 24 jam, 48 jam, dan 72 jam. Setelah proses pendinginan, kacang dikeluarkan dari botol dan dikeringkan dalam oven pada suhu 55°C selama 16 jam, selanjutnya ditepungkan dengan ayakan 60 mesh.

Hasil dan Pembahasan

A. Kadar protein (%)

Protein merupakan suatu zat makanan yang sangat penting, karena selain berfungsi sebagai bahan bakar dalam tubuh tetapi juga sebagai zat pembangun dan pengatur. Analisa kadar protein yang diuji pada penelitian pembuatan tepung kacang *autoclaving-cooling* yaitu bertujuan untuk mengetahui jumlah kadar protein tepung kacang awal bahan baku dan sesudah proses *autoclaving-cooling*. Syarat protein untuk pembuatan tepung kacang menurut SNI yaitu minimal 7%. Oleh sebab itu kacang merah, kacang koro benguk, dan kacang hitam dapat dijadikan bahan baku pada pembuatan tepung kacang *autoclaving-cooling*, karena kandungan akhir proteinnya > 7%. Berdasarkan hasil analisa data menggunakan SPSS dan uji menggunakan BNJ Tukey (α 5%), didapatkan hasil bahwa jenis kacang berpengaruh nyata terhadap kandungan protein, sedangkan lama pendinginan antar jenis kacang tidak berpengaruh terhadap kandungan protein.



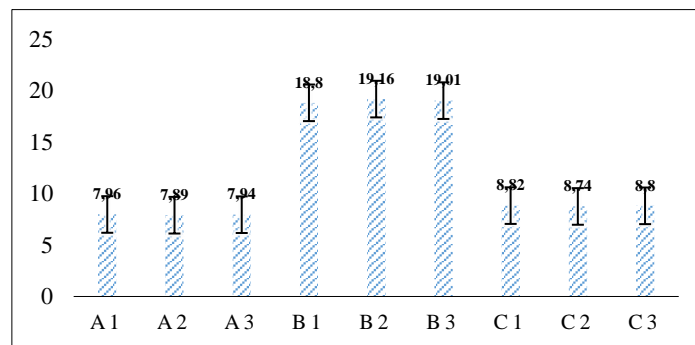
Gambar 1. Kadar protein kacang koro benguk, kacang merah, dan kacang hitam setelah diperlakukan dengan *autoclaving-cooling* (A: kacang merah, B: kacang koro benguk, C: kacang hitam, 1: lama pendinginan 24 jam, 2: lama pendinginan 48 jam, 3: lama pendinginan 72 jam).

Hasil penelitian seperti yang terlihat pada Gambar 1, menunjukkan bahwa proses *autoclaving-cooling* dapat meningkatkan kadar protein dari tepung kacang. Kadar protein tepung kacang merah awal adalah 16,41%, setelah dilakukan proses *autoclaving-cooling* sesuai dengan perlakuan terjadi peningkatan kadar protein menjadi 24,22%, 24,31%, dan 24,36%. Pada tepung kacang koro benguk awal adalah 12,03%, setelah dilakukan proses *autoclaving-cooling* juga terjadi peningkatan kadar protein menjadi 27,30%, 27,02%, dan 27,23%. Begitu halnya dengan kacang hitam yang mempunyai kadar protein awal sebesar 18,49% mengalami peningkatan menjadi 26,42% hingga 26,56%. Nilai kadar protein terendah pada tepung kacang merah *autoclaving-cooling* yaitu pada perlakuan dengan lama pendinginan 24 jam, sedangkan untuk hasil pada tepung kacang koro benguk dan kacang hitam pada perlakuan dengan lama pendinginan 36 jam. Perbedaan kadar protein tertinggi dari ketiga jenis kacang tersebut adalah pada kacang hitam yang diperoleh pada perlakuan lama pendinginan yang lebih lama yaitu 72 jam setelah proses *autoclaving* dibandingkan dengan kedua jenis kacang yang lain. Hal tersebut dapat terjadi karena kulit terluar dari kacang hitam sangat keras, sehingga dalam proses pelepasan ikatan peptida selama proses *autoclaving-cooling* menjadi lebih lambat dibanding kedua jenis lainnya. Kondisi alami kulit terluar dari biji kacang hitam yang keras, juga berpengaruh pada kadar protein produk akhirnya yang lebih rendah jika dibandingkan dengan koro benguk yang kadar protein kontrolnya lebih rendah.

B. Kadar lemak (%)

Analisa kadar lemak yang diuji pada penelitian pembuatan tepung kacang *autoclaving-cooling* yaitu bertujuan untuk mengetahui jumlah kadar lemak pada tepung kacang awal dan sesudah proses *autoclaving-cooling*. Nilai kadar lemak terendah pada tepung kacang merah *autoclaving-cooling* yaitu pada perlakuan dengan lama pendinginan 36 jam, untuk hasil pada

tepung kacang koro benguk *autoclaving-cooling* yaitu pada perlakuan dengan lama pendinginan 24 jam, dan untuk hasil tepung kacang hitam *autoclaving-cooling* yaitu pada perlakuan 36 jam. Sedangkan dilihat dari nilai kadar lemak tertinggi pada tepung kacang merah *autoclaving-cooling* yaitu pada perlakuan dengan lama pendinginan 24 jam, untuk kacang koro benguk *autoclaving-cooling* yaitu pada perlakuan dengan lama pendinginan 36 jam dan kacang hitam *autoclaving-cooling* yaitu pada perlakuan dengan lama pendinginan 24 jam. Kadar lemak pada ketiga jenis kacang tersebut, dapat dilihat pada Gambar 2.

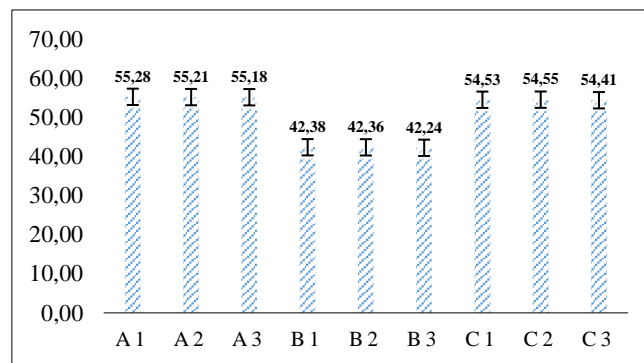


Gambar 2. Kadar lemak kacang koro benguk, kacang merah, dan kacang hitam setelah diperlakukan dengan *autoclaving-cooling* (A: kacang merah, B: kacang koro benguk, C: kacang hitam, 1: lama pendinginan 24 jam, 2: lama pendinginan 48 jam, 3: lama pendinginan 72 jam).

Hasil analisa ANOVA dan uji BNJ Tukey (α 5%) menunjukkan bahwa jenis kacang berpengaruh nyata terhadap kandungan lemak, sedangkan lama pendinginan antar jenis kacang tidak berpengaruh terhadap kandungan lemak. Hal tersebut dapat diartikan bahwa perlakuan pendinginan setelah dilakukan proses *autoclaving* tidak memberikan dampak yang nyata pada perubahan sel dan ikatan kimia lemak dalam ketiga jenis kacang. Perubahan hanya terjadi pada masing-masing jenis kacang yaitu peningkatan kadar lemak dikarenakan perlakuan panas saat *autoclaving*. Terputusnya ikatan lemak karena panas, mengakibatkan asam-asam amino terlepas dan tertera sebagai kadar lemak dalam produk pada masing-masing jenis kacang. Kadar lemak untuk ketiga jenis kacang digunakan sebagai pembanding adanya perbedaan atau perubahan kadar lemak setelah dilakukan proses *autoclaving-cooling*. Kacang merah mempunyai kadar lemak awal sebesar 1,11%, namun setelah dilakukan proses *autoclaving-cooling* terjadi peningkatan kadar lemak menjadi 7,96%, 7,89%, dan 7,94%. Kadar lemak awal kacang koro benguk yaitu 1,05%, setelah dilakukan proses *autoclaving-cooling* meningkat menjadi 18,80%, 19,16%, dan 19,01%. Pada tepung kacang hitam kadar lemak tanpa perlakuan yaitu 1,34, setelah dilakukan proses *autoclaving-cooling* terjadi peningkatan kadar lemak menjadi 8,81%, 8,74%, dan 8,80%.

C. Kadar karbohidrat (%)

Hasil analisa sidik ragam pada proses pembuatan tepung kacang *autoclaving-cooling* dilihat dari kadar karbohidrat awal ketiga jenis kacang dan kadar karbohidrat ketiganya sesudah dilakukan perlakuan. Analisa data menggunakan SPSS dan uji BNJ Tukey (α 5%) menunjukkan tidak terdapat beda nyata pada lama pendinginan, sehingga tidak dilakukan uji lanjutan. Namun hasil analisa menunjukkan perbedaan yang nyata pada jenis kacang, sehingga dilanjutkan uji lanjutan untuk mengetahui kombinasi yang berpengaruh pada karbohidrat. Pada Gambar 3, terlihat bahwa kadar karbohidrat terendah pada lama pendinginan untuk masing-masing jenis kacang koro benguk, kacang merah, dan kacang hitam adalah pada lama pendinginan 72 jam. Nilai kadar karbohidrat tertinggi pada masing-masing jenis kacang tersebut adalah pada lama pendinginan 24 jam untuk kacang koro benguk dan merah, sedangkan untuk kacang hitam adalah pada lama pendinginan 48 jam.



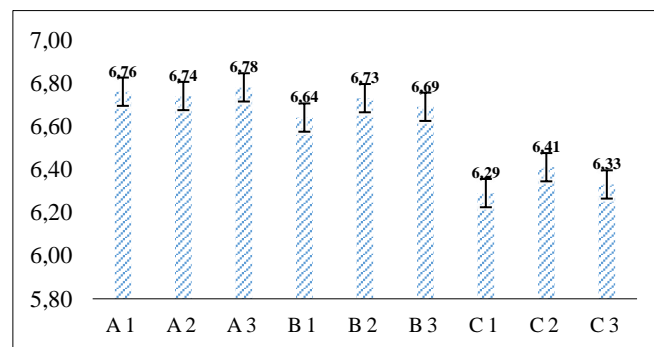
Gambar 3. Kadar karbohidrat kacang koro benguk, kacang merah, dan kacang hitam setelah diperlakukan dengan *autoclaving-cooling* (A: kacang merah, B: kacang koro benguk, C: kacang hitam, 1: lama pendinginan 24 jam, 2: lama pendinginan 48 jam, 3: lama pendinginan 72 jam).

Autoclaving-cooling dapat menurunkan kadar karbohidrat dari kadar awalnya untuk ketiga jenis kacang pada tepung kacang merah yaitu sebesar 66,17%, tepung kacang koro benguk sebesar 70,18%, dan tepung kacang hitam sebesar 67,01%. Setelah dilakukan proses *autoclaving-cooling* terjadi penurunan kadar karbohidrat pada tepung kacang merah menjadi 55,28%, 55,21%, dan 55,18%. Sedangkan pada tepung kacang koro benguk menurun menjadi 42,38%, 42,36%, dan 42,24%. Pada kacang hitam, kadar karbohidrat juga menurun menjadi 54,41% hingga 54,55%. Hal ini diduga karena selama proses pemanasan bertekanan, pati pecah dan tergelatinisasi, selanjutnya amilosa akan mengalami retrogradasi pada saat pendinginan. Proses pengeringan juga menyebabkan pati mengalami reaksi pencoklatan sehingga dapat mengurangi kandungan karbohidrat. Pemanasan suhu tinggi dan pengeringan dalam oven dapat menyebabkan terbentuknya komponen pirodekstrin dari karbohidrat

(Carrera *et al.* 2007). Selain itu, pengeringan yang semakin lama akan menyebabkan pati mengalami pemecahan senyawa-senyawa sederhana sehingga kandungan karbohidrat tepung yang dihasilkan akan menurun.

D. Kadar air (%)

Kadar air suatu produk sangat penting dikendalikan karena akan menentukan daya tahan atau keawetan produk pada waktu penyimpanan. Analisa kadar air yang diuji pada penelitian pembuatan tepung kacang *autoclaving-cooling* bertujuan untuk mengetahui kadar air pada tepung kacang sesudah proses *autoclaving-cooling*, yang kemudian dibandingkan dengan kadar awalnya sebelum diberikan perlakuan. Syarat kadar air untuk pembuatan tepung kacang menurut SNI yaitu maksimal 14,5%. Berdasarkan hasil uji Beda Nyata Jujur Tukey pada taraf nyata 5%, jenis kacang berpengaruh nyata terhadap kandungan air, sedangkan lama pendinginan antarjenis kacang tidak berpengaruh terhadap kandungan air.



Gambar 4. Kadar air kacang koro benguk, kacang merah, dan kacang hitam setelah diperlakukan dengan *autoclaving-cooling* (A: kacang merah, B: kacang koro benguk, C: kacang hitam, 1: lama pendinginan 24 jam, 2: lama pendinginan 48 jam, 3: lama pendinginan 72 jam).

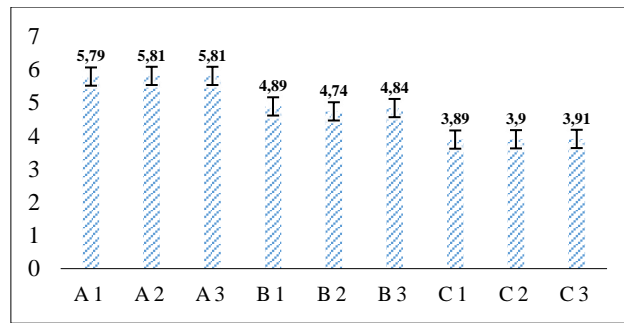
Rata-rata semua jenis kacang mengalami penurunan kadar air setelah mengalami perlakuan *autoclaving-cooling* (Gambar 4). Kadar air terendah pada tepung kacang merah, kacang koro benguk, dan kacang hitam setelah diperlakukan dengan *autoclaving-cooling* adalah sama yaitu pada perlakuan dengan lama pendinginan 24 jam. Sedangkan dilihat dari kadar air tertingginya beragam yaitu pada lama pendinginan 72 jam untuk tepung kacang merah, dan 36 jam untuk 2 jenis kacang yaitu kacang koro benguk dan kacang hitam. Kadar air kacang merah awal yaitu 13,12%, setelah proses *autoclaving-cooling* terjadi penurunan kadar air menjadi 6,76%, 6,74%, dan 6,78%. Kadar air awal kacang koro benguk yaitu 13%, setelah proses *autoclaving-cooling* terjadi penurunan kadar air menjadi 6,64%, 6,73%, dan 6,69%. Sedangkan kadar air kacang hitam awal yaitu 11,32%, setelah proses *autoclaving-*

cooling terjadi penurunan kadar air menjadi 6,29%, 6,41%, dan 6,33%.

Penurunan kadar air setelah proses pada ketiga jenis kacang disebabkan oleh proses *autoclaving* yang melibatkan panas dan pengurangan kadar air, serta tahapan pengeringan. Kadar air kacang hitam lebih rendah dibandingkan kacang koro benguk dan kacang merah, sehingga setelah proses *autoclaving* dan pengeringan, kadar airnya pun juga lebih rendah dibandingkan kedua jenis kacang yang lain. Kondisi awal kacang mempengaruhi kadar air setelah perlakuan, semakin rendah kadar air bahan baku awal, maka kadar air produk tepung kacang setelah perlakuan juga semakin rendah. Tingkat kadar air kacang hitam lebih rendah dibandingkan dengan kacang koro benguk dan kadar air kacang koro benguk lebih rendah dari kacang merah. Oleh karenanya kadar air produk juga pada posisi berurutan seperti kadar air awalnya. Penetrasi panas dari oven 50°C telah cukup untuk mengeringkan tepung dan mengeringkan air dalam bahan. Kadar air maksimum pada tepung menurut SNI adalah 14,5% (SNI 01-3751-2006), sehingga dengan kadar air 6,29% hingga 6,78% pada ketiga jenis kacang tersebut telah memenuhi standar SNI.

E. Kadar abu (%)

Kadar abu merupakan komponen anorganik yang menunjukkan besarnya kandungan mineral dalam bahan. Analisa kadar abu yang diuji pada penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kadar abu pada tepung kacang sesudah proses *autoclaving-cooling*, yang kemudian dibandingkan hasilnya dengan kadar abu awal. Kadar abu terendah pada tepung kacang merah dan kacang hitam *autoclaving-cooling* yaitu pada lama pendinginan 24 jam, sedangkan untuk tepung kacang koro benguk *autoclaving-cooling* mempunyai kadar abu terendah yaitu pada perlakuan 36 jam. Kadar abu tertinggi pada tepung kacang merah dan kacang hitam hasil *autoclaving-cooling* yaitu pada perlakuan dengan lama pendinginan 72 jam, sedangkan untuk kacang koro benguk *autoclaving-cooling* yaitu pada lama pendinginan 24 jam. Hasil analisa sidik ragam pada proses pembuatan tepung kacang *autoclaving-cooling* dilihat dari kadar abu awal dan sesudah perlakuan. Hasilnya menunjukkan tidak berbeda nyata pada lama pendinginan sehingga tidak dilakukan uji lanjutan. Sedangkan hasil menunjukkan sangat berbeda nyata pada jenis kacang sehingga dilanjutkan uji lanjutan untuk mengetahui kombinasi yang berpengaruh pada kadar abu. Hasil uji Beda Nyata Jujur Tukey pada taraf nyata 5%, jenis kacang berpengaruh nyata terhadap kandungan abu, namun lama pendinginan antar jenis kacang tidak berpengaruh terhadap kandungan abu. Hasil tersebut dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Kadar abu kacang koro bengkok, kacang merah, dan kacang hitam setelah diperlakukan dengan *autoclaving-cooling* (A: kacang merah, B: kacang koro bengkok, C: kacang hitam, 1: lama pendinginan 24 jam, 2: lama pendinginan 48 jam, 3: lama pendinginan 72 jam).

Kadar abu tepung kacang merah dan koro bengkok mengalami peningkatan setelah dilakukan proses *autoclaving-cooling* jika dibandingkan dengan kadar abu kacang awal. Sedangkan untuk kacang hitam mengalami sebaliknya yaitu mengalami penurunan kadar abu. Kadar abu awal kacang merah adalah 3,10%, setelah proses *autoclaving-cooling* terjadi peningkatan kadar abu menjadi 5,79% hingga 5,81%. Kadar abu awal kacang koro bengkok yaitu 3,78%, setelah proses *autoclaving-cooling* terjadi peningkatan kadar abu menjadi 4,89%, 4,74%, dan 4,84%. Penurunan kadar abu tepung kacang hitam yaitu 3,89%, 3,90%, dan 3,91%. Kadar abu tersebut lebih rendah dibandingkan kadar abu awal kacang yaitu 4,05%. Peningkatan kadar abu diduga karena saat proses *autoclaving*, sel-sel dalam bahan terpengaruh akan suhu tinggi dan mengalami kerusakan, sehingga isi sel keluar termasuk komponen mineral menyusun abu dan tertera dari hasil analisa kimia sebagai kadar abu bahan. Penurunan kadar abu dalam kacang hitam tidak menunjukkan perbedaan yang nyata antar perlakuan lama pendinginan, yang dapat diartikan bahwa pengaruh proses tidak memberikan banyak perubahan pada kadar abunya. Berdasarkan penelitian Mushollaeni dan Tantalu (2021), kadar abu kacang hitam tidak banyak terpengaruh pada perlakuan yang berhubungan dengan suhu, bahan kimia, dan juga proses fermentasi.

F. Perlakuan terbaik

Hasil analisa perlakuan terbaik menunjukkan bahwa NH tertinggi didapatkan pada perlakuan penggunaan jenis kacang koro bengkok dengan lama pendinginan pada *autoclaving-cooling* yaitu 72 jam. Namun demikian, untuk hasil terbaik dari jenis kacang kacang merah dan kacang hitam yaitu masing-masing dengan kombinasi lama pendinginan 72 jam 48 jam (Tabel 1).

Tabel 1. Perlakuan terbaik

Perlakuan	Karbohidrat	Protein	Lemak	Air	Abu	Jumlah (NH)
A1	0,25	0	0,002	0,17	0,15	0,57
A2	0,25	0,01	0	0,16	0,15	0,57
A3	0,25	0,01	0,001	0,18	0,15	0,58
B1	0,003	0,23	0,19	0,12	0,08	0,62
B2	0,003	0,20	0	0,16	0,07	0,43
B3	0	0,22	0,20	0,14	0,07	0,64
C1	0,24	0,17	0,02	0	0	0,42
C2	0,24	0,16	0,02	0,04	0,002	0,45
C3	0,23	0,02	0,02	0,14	0,002	0,41

Keterangan: NH (nilai hasil), A: kacang merah, B: kacang koro benguk, C: kacang hitam, 1: lama pendinginan 24 jam, 2: lama pendinginan 48 jam, 3: lama pendinginan 72 jam

Kesimpulan dan Saran

Berdasarkan hasil penelitian, disimpulkan bahwa perlakuan terbaik dari keseluruhan parameter dan jenis kacang adalah jenis kacang koro benguk dengan lama pendinginan 72 jam menggunakan metode *autoclaving-cooling*. Pada masing-masing jenis kacang merah dan hitam, kombinasi terbaik diperoleh dengan lama pendinginan selama 72 jam dan 48 jam.

Daftar Pustaka

- Anugrahati, N.A. & Widjanarko, A.M. (2018). Karakteristik Tepung Kacang Merah Hasil Autoclaving, Cooling, dan Autoclaving-Cooling. *FaST Jur. Sains dan Tekn.*, 2(2), 72-79.
- Carrera, E.C., Cruz, A.C., Guerrero, L.C., & Ancona, D.B. (2007). Effect of pyrodextrination on available Starch content of Lima bean (*Paseolus lunatus*) starches. *Food Hydrocolloids*, 21, 472-479.
- DeGarmo, E.P., Sullivan, W.G. & Canada, C.R. (1984). Engineering Economy. 7th Edition. McMillan Publissing Co., New York.
- Fuentes-Zaragoza, E., Riquelme-Navarrete, M.J., Sánchez-Zapata, E., & Pérez-Álvarez, J.A. (2010). Resistant starch as functional ingredient: A review. *Food Res. Int.*, 43(4), 931-942.
- Lampariello, L.R., Cortelazzo, A., Guerranti, R., Sticozzi, C., & Valacchi, G. (2012). The Magic Velvet Bean of *Mucuna pruriens*. *J. Trad. Comp. Medicine*, 2(4), 331-339.
- Luna, P., Putra, M.R.K., Mulyono, A. E., & Sulaiman, A. A. (2019). The Effect of Autoclaving-Cooling Cycling Treatment on Functional, Sensory and Microstructure Properties of Artificial Rice. *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.*, 309(012055).
- Matsuda, H., Kumazaki, K., Otokozawa, R., Tanaka, M., Udagawa, E. & Shirai, T. (2016). Resistant starch suppresses postprandial hypertriglyceridemia in rats. *Food Res. Int.*, 89, 838-842.

- Mushollaeni, W., Kumalaningsih, S., Wignyanto, & Santoso, I. (2018). Screening of new bioactive in lebui beans (*Cajanus* sp.) of Lombok. *Int. Food Res. J.*, 25(1), 25-33.
- Mushollaeni, W., Sanny, R., Nyonya, R. M., & Maf, T.M. (2019). Effect of immersion-fermentation on decreasing of cyanide acid and physicochemical content of local *Hevea brasiliensis* seeds from Borneo Indonesia. *Biosci. Res.*, 16(1), 667-671.
- Mushollaeni, W. & Tantalul, L. (2021). Food Properties of Lebui Bean Powder Extract Fermented by *Rhizopus* sp. *Curr Res Nutr Food Sci.*, 9(1), 338-345.
- Qayyum, M. M. N., Butt, M. S., & Anjum, F. M. (2012). Composition Analysis of Some Selected Legumes for Protein Isolates Recovery. *J. Ani. Plant Sci.* 22, 1156-1162.
- Sajilata, M.G., Singhal, R.S. & Kulkarni, P.R. (2006). Resistant starch-A review. *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf.*, 5.
- Sathiyarayanan, L. & Arulmozhi, S. (2007). *Mucuna pruriens*. A comprehensive review. *Pharmacognosy Rev.*, 1, 157-162.
- Shehzad, A., Chander, U.M., Sharif, M.K., Rakha, A., Ansari, A. & Shuja, M.Z. (2015). Nutritional, Functional and Health Promoting Attributes of Red Kidney Beans; A review. *Pak. J. Food Sci.*, 25(4), 235-246.
- Si, X., Strappe, P., Blanchard, C. & Zhou, Z. (2017). Enhanced anti-obesity effects of complex of resistant starch and chitosan in high fat diet fed rats. *Carbohydr. Polym.*, 157, 834-841.
- SNI. (2006). Standar Nasional Indonesia. Tepung terigu sebagai bahan makanan. SNI 01-3751-2006.
- Sullivan, W.R., Hughes, J.G., Cockman, R.W. & Small, D.M. (2017). The effects of temperature on the crystalline properties and resistant starch during storage of white bread. *Food Chem.*, 228, 57-61.
- Wariyah, C., Riyanto & Kanetro, B. (2019). Effect of Cooling Methods and Drying Temperatures on the Resistant Starch Content and Acceptability of Dried-Growol. *Pak. J. Nutr.*, 18, 1139-1144.