

KARAKTERISTIK MUTU FISIKO-KIMIA TEPUNG PASCA PENGOLAHAN PISANG TANDUK DAN POTENSINYA DALAM DIET PASIEN DIABETES MELITUS TIPE 2

Fitria Dhenok Palupi*¹⁾, Indri Hapsari¹⁾, Muhammad Hasan Wattihelluw²⁾

¹Jurusan Gizi, Politeknik Kesehatan Malang

² Jurusan Analisis Farmasi dan Makanan, Politeknik Kesehatan Malang

E-mail: fitria.dhenok@poltekkes-malang.ac.id

ABSTRACT

The number of type 2 diabetes mellitus patients continues to rise annually, one of the contributing factors being dietary changes that affect by gut microbiota. Glycemic control is a primary goal in diabetes management, which can be achieved through the intake of dietary fiber such as resistant starch that functions as a prebiotic. Pisang Tanduk (*Musa paradisiaca* fa. *Corniculata*) are a source of resistant starch, and their content nutrition or ingredients can be enhanced through with modifications such as pre-treatment involving heating and rapid cooling. This study aims to analyze the effects of combined or physics-chemistry formulation pre-treatments, such as boiling, steaming, and storage at low temperatures (refrigerator and freezer), on the physicochemical quality of flour from local Indonesian Pisang Tanduk. The study involved 11 treatments with 3 replications, totaling 33 samples. The evaluated parameters included organoleptic properties, physical quality (bulk density and yield), and chemical quality (starch and resistant starch content). The results indicated that pre-treatment affected the color and texture of the banana flour, with steaming + freezer treatment influencing texture. This treatment significantly impacted physical quality and resistant starch content, but not starch content. The highest yield was found in boiling + freezer treatments for 24 and 48 hours, while the highest bulk density was observed in boiling, steaming, and refrigerator storage treatments. Resistant starch content increased with during steaming + 48-hour freezer and boiling + 24-hour freezer treatments. In conclusion, the best treatments were boiling stored at 24-hour freezer and steaming stored at 48-hour freezer

Keywords: *Pisang Tanduk, Pre-treatment, Type 2 Diabetes Mellitus*

ABSTRAK

Penderita diabetes melitus tipe 2 terus meningkat setiap tahun, salah satunya disebabkan oleh perubahan pola makan yang mempengaruhi mikrobiota usus. Kontrol glikemik menjadi tujuan utama dalam penanganan diabetes, salah satunya melalui konsumsi serat makanan seperti pati resisten yang berfungsi sebagai prebiotik. Pisang tanduk merupakan sumber pati resisten, dan kandungannya dapat ditingkatkan melalui modifikasi seperti pasca pengolahan pemanasan dan pendinginan cepat. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh kombinasi pasca pengolahan, seperti perebusan, pengukusan, serta penyimpanan di suhu rendah (refrigerator dan freezer), terhadap mutu fisiko-kimia tepung pisang tanduk varietas lokal Indonesia. Penelitian ini melibatkan 11 perlakuan dengan 3 kali replikasi, total 33 sampel. Parameter yang dinilai meliputi sifat organoleptik, mutu fisik (densitas kamba dan rendemen), serta mutu kimia (kadar pati dan pati resisten). Hasil menunjukkan pra-treatment memengaruhi warna dan tekstur tepung, di mana kukus + freezer memengaruhi tekstur. Perlakuan ini berpengaruh signifikan terhadap mutu fisik dan kadar pati resisten, tetapi tidak terhadap kadar pati. Rendemen tertinggi ditemukan pada perlakuan rebus + freezer 24 dan 48 jam, sedangkan densitas kamba tertinggi pada rebus, kukus, dan penyimpanan refrigerator. Pati resisten meningkat pada kukus + freezer

48 jam dan rebus + freezer 24 jam. Kesimpulannya, perlakuan terbaik adalah perlakuan perebusan disimpan di freezer 24 jam dan pengukusan disimpan di freezer 48 jam.

Kata kunci: *Diabetes Melitus, Pisang Tanduk, Pra-treatment*

PENDAHULUAN

Menurut International Diabetes Federation penderita diabetes di dunia pada tahun 2021 mencapai 537 juta dan diperkirakan mencapai 437 juta pada tahun 2030 dan 783 juta pada tahun 2045 (Sun *et al.*, 2022; Sutomo and Purwanto, 2023). Data di Indonesia berdasarkan riseksdas tahun 2018 prevalensi diabetes meningkat dari 6,9% pada tahun 2013 menjadi 8,6% (Risesdas, 2018). Perubahan pola makan seperti makanan tinggi lemak dan karbohidrat serta rendah serat mengubah ekosistem mikrobiota usus (disbiosis) yang berperan dalam patogenesis diabetes melitus tipe 2 (Aw and Fukuda, 2018).

Salah satu tujuan utama dalam penanganan diabetes melitus adalah mencegah komplikasi kardiovaskular. Kontrol glukosa darah merupakan cara efektif untuk mencegah dan memperlambat perkembangan komplikasi diabetes. Manajemen kontrol glikemik yang optimal melibatkan diet, olahraga, dan obat anti diabetes (Kim, Park and Kim, 2024). Agen antidiabetik dalam bentuk obat antidiabetik tidak selalu dapat mengontrol glukosa darah secara memadai karena keterbatasan efikasi dan kontraindikasi. Terapi insulin memiliki keterbatasan dalam mengendalikan glukosa darah, dimana 50% subjek penelitian tidak mencapai target glikemik pada diabetes melitus tipe 2 (Vasilakou *et al.*, 2013; Hossain and Pervin, 2018). Oleh karena itu, kontrol pola makan dan olahraga diperlukan untuk mencapai target glikemik pada diabetes melitus tipe 2. Kontrol asupan karbohidrat merupakan aspek penting dalam mengatur kadar glukosa darah penderita diabetes melitus tipe 2 (Bhavadharini *et al.*, 2020; Kim, Park and Kim, 2024)

Salah satu upaya tersebut melibatkan pengendalian kadar glukosa darah melalui asupan serat makanan. Serat makanan, yang merupakan kompleks yang tidak dapat dicerna, melewati pencernaan di usus halus dan berlanjut ke usus besar, tempat serat tersebut difermentasi oleh mikroflora kolon. Serat makanan berfungsi sebagai modulator penting fungsi dan komposisi mikrobiota usus (Makki *et al.*, 2018; Zhu *et al.*, 2018). Beberapa penelitian menunjukkan bahwa serat makanan dapat memberikan pengaruh positif terhadap

diabetes melitus dan obesitas melalui pembentukan ulang mikrobioma usus (Zou *et al.*, 2017; Makki *et al.*, 2018). Serat makanan yang berdampak terhadap mikrobiota usus adalah *Resistent Starch* (RS), dapat meningkatkan aktivitas enzim bakteri dan didegradasi menjadi metabolit yang dapat diserap seperti *Short Chain Fatty Acid*. Sejumlah penelitian sebelumnya, RS dapat mengurangi kejadian dan komplikasi diabetes melitus tipe 2 melalui peran mikrobiota usus (Zhang *et al.*, 2015; Suloi, 2019; Munir *et al.*, 2024).

Salah satu sumber RS adalah buah pisang tanduk. Pisang tanduk merupakan salah satu komoditi lokal Indonesia dengan kandungan karbohidrat yang tinggi dan sebagian besar terdiri atas pati. Pisang tua mengandung 70-80% pati berdasarkan berat kering dan kadar amilosa berkisar 9,1-17,2%. Kadar amilosa yang tinggi pada pisang menjadikan buah ini dapat dijadikan sebagai sumber pembuatan pati resisten (Suloi, 2019). Pati resisten pada pisang tanduk berfungsi sebagai prebiotik. Pati resisten pada pisang tidak dapat dipecah oleh enzim amilase tetapi dapat difermentasi oleh mikrobiota di usus besar sehingga menghasilkan metabolit penting, yaitu *short chain fatty acid* (SCFA). (Zhang *et al.*, 2015; Priyadarshini *et al.*, 2017).

Kandungan pati resisten pada pisang dapat ditingkatkan melalui modifikasi pati. Modifikasi pati dapat dilakukan dengan metode fisik, kimia, atau enzimatis untuk meningkatkan fungsionalitas, stabilitas, atau kecernaan pati. Modifikasi fisik dengan menggunakan gelatinisasi merupakan contoh perlakuan fisik yang melibatkan pra treatment suhu (Fuentes-Zaragoza *et al.*, 2010; MC Deeds, JM Anderson, AS Armstrong, DA Gastineau, HJ Hiddinga, A Jahangir and Eberhardt, 2013; Raigond, Dutt and Singh, 2019; Munir *et al.*, 2024). Metode pra treatment seperti pemanasan disertai dengan pendinginan cepat juga dapat meningkatkan dan memodifikasi fraksi pati. (de la Rosa-Millán *et al.*, 2014).

Pra treatment pada pisang juga digunakan untuk mengurangi reaksi enzimatis. Pisang mengandung senyawa tanin sehingga akan menyebabkan pencoklatan (*browning*) saat pisang dilakukan proses pemotongan akibat adanya oksidasi. Selain itu, reaksi pencoklatan juga disebabkan oleh adanya enzim polifenol oksidase atau fenolase dan oksigen yang bereaksi dengan bahan pangan (Tapre and Jain, 2016).

Pati resisten dalam bentuk pati terisolasi memiliki kelemahan pada stabilitas termal. Hal ini merupakan salah satu kelemahan fungsionalitas sebagai bahan makanan. Penggunaan

tepung pisang sebagai pengganti pati terisolasi memiliki beberapa keuntungan karena beberapa komponen yang ada dalam tepung dapat membantu meningkatkan stabilitas termal dan menurunkan laju hidrolisis enzimatis, dan juga menjadi sumber senyawa antioksidan seperti polifenol (de la Rosa-Millán *et al.*, 2014; Munir *et al.*, 2024). Oleh sebab itu, perlu adanya penelitian terkait dengan pengaruh pra treatment dalam bentuk kombinasi yaitu perebusan, pengukusan, dan penyimpanan pada beberapa suhu terhadap mutu fisiko-kimia pada tepung pisang yang berasal dari varietas pisang di Indonesia yaitu pisang tanduk.

METODE PENELITIAN

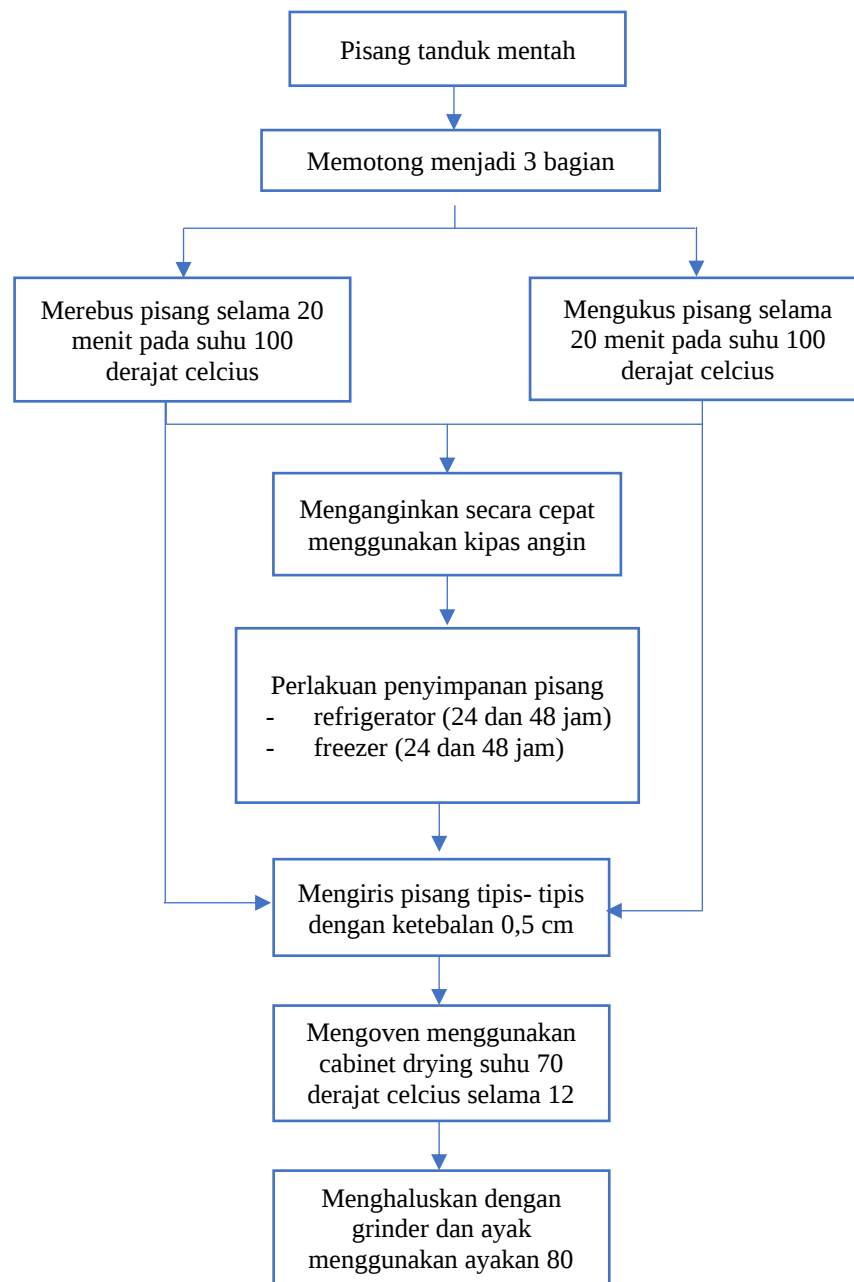
Pembuatan tepung pisang dilakukan dengan eksperimen laboratorium menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK). Taraf perlakuan pada penelitian ini yaitu metode pemanasan (metode pengukusan dan perebusan) dan metode penyimpanan (refrigerator suhu 4 derajat Celsius dan freezer suhu -15 derajat Celsius, masing-masing selama 24 dan 48 jam). Kontrol dari penelitian ini adalah pisang tanduk direndam menggunakan natrium bisulfit 3000 ppm selama 60 menit. Total taraf perlakuan sebanyak 10 perlakuan dan 1 kontrol (Tabel 1). Masing-masing taraf perlakuan diulang tiga kali sehingga diperoleh 33 unit eksperimen. Penelitian dilaksanakan pada bulan Februari – Oktober 2024. Pembuatan tepung pisang dan analisis fisik (sifat organoleptik, rendemen, densitas kamba) dilakukan di laboratorium Ilmu Teknologi Pangan Jurusan Gizi Poltekkes Malang. Analisis kimia (kadar pati resisten dan kadar pati) dilakukan di laboratorium kimia terpadu Poltekkes Malang. Pembuatan tepung pisang pada berbagai perlakuan disajikan pada Gambar 1.

Tabel 1. Taraf Perlakuan Penelitian

Perlakuan	Penyimpanan				
	Tanpa Penyimpanan (K1)	Refrigerator 24 jam (K2)	Refrigerator 48 jam (K3)	Freezer 24 jam (K4)	Freezer 48 jam (K5)
Pengukusan 20 menit (P1)	P1K1	P1K2	P1K3	P1K4	P1K5
Perebusan 20 menit (P2)	P2K1	P2K2	P2K3	P2K4	P2K5
Kontrol (perendaman dengan natrium metabisulfit) P0					

Bahan utama dalam penelitian ini adalah pisang tanduk. Pisang tanduk diperoleh dari petani dan pasar tradisional di Kabupaten Trenggalek. Spesifikasi pisang tanduk dipilih

dengan kondisi masih mengkal atau belum matang. Variabel pengamatan pada penelitian ini meliputi: analisa mutu fisik yaitu sifat organoleptik, rendemen tepung dan densitas kamba (SNI 01- 3841-1995). dan analisa kimia yaitu total pati dan pati resisten menggunakan metode modifikasi AOAC 1982 (International, 1980).



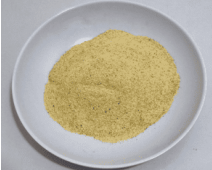
Gambar 1. Diagram Alir Pembuatan Tepung Pra masak Pisang Tanduk

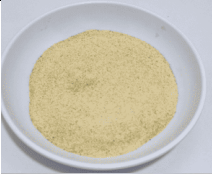
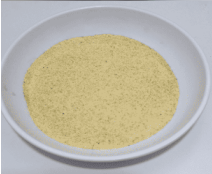
Pengolahan data dilakukan dengan menggunakan Microsoft Excel dan SPSS. Analisis data dilakukan dengan menguji normalitas data (uji *Shapiro-Wilk*) dan homogenitas data (uji *Levene*) untuk syarat uji *oneway analysis of variance* (Anova). Data kadar pati resisten dan kadar pati menggunakan uji Anova untuk mengetahui perbedaan rerata antar kelompok. Dilanjutkan uji *Duncan’s Multiple Range Test* (DMRT) untuk mengetahui perbedaan antara kelompok kontrol dengan perlakuan. Data rendemen dan densitas kamba menggunakan uji *KruskalWallis*. Jika terdapat perbedaan signifikan dilanjutkan uji *Mann-Whitney*. Semua variabel penelitian diuji dengan tingkat kepercayaan 95% ($p<0,05$)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Tabel 2. Karakterisik Tepung Pisang Tanduk pada berbagai Metode Pasca Pengolahan

No	Perlakuan	Warna	Aroma	Tesktur	Gambar
1.	Kontrol	Putih kekuningan, kuning parchment	khas pisang, tidak langu	sangat halus	
2.	Kukus	Kuning, terdapat bintik hitam, kuning sun	khas pisang, tidak langu	halus	
3.	Kukus + 24 jam refrigerator	Kuning keabuan, bintik hitam, kuning vanilla	khas pisang, langu	halus	
4.	Kukus + 48 jam refrigerator	Putih kekuningan, bintik hitam, kuning parchment	khas pisang, tidak langu	halus	
5.	Kukus + 24 jam freezer	kuning, bintik hitam, kuning sun	khas pisang, tidak langu	agak kasar	

No	Perlakuan	Warna	Aroma	Tekstur	Gambar
6.	Kukus + 48 jam freezer	kuning, bintik hitam banyak, kuning corn	khas pisang, tidak langu	agak kasar	
7	Rebus	Kuning, terdapat bintik hitam, kuning sun	khas pisang, tidak langu	halus	
8	Rebus + 24 jam refrigerator	kuning, bintik hitam, kuning parchment	khas pisang, tidak langu	halus	
9.	Rebus + 48 jam refrigerator	Putih kekuningan, bintik hitam, kuning parchment	khas pisang, tidak langu	halus	
10.	rebus + 24 jam freezer	kuning, bintik hitam, kuning corn	khas pisang, tidak langu	halus	
11	rebus + 48 jam freezer	kuning, bintik hitam, kuning corn	khas pisang, tidak langu	halus	

Karakteristik tepung pisang yang dihasilkan pada berbagai perlakuan disajikan pada Tabel 2. Warna tepung yang dihasilkan rata-rata berwarna kuning dengan beberapa degradasi warna kuning. Kontrol tepung pisang dengan perendaman menggunakan natrium bisulfite memiliki warna yang berbeda dengan yang lain. Warna yang dihasilkan cenderung lebih putih kekuningan dibandingkan perlakuan lainnya. Karakteristik aroma pada tepung pisang tiap perlakuan tidak terjadi penyimpangan, aromanya khas pisang dan tidak ada langu meskipun menggunakan pisang dalam kondisi mentah atau mengkal. Tekstur tepung pisang yang dihasilkan bervariasi mulai kasar hingga halus. Perlakuan kontrol tepung pisang menghasilkan tekstur pisang yang lebih halus. Sementara itu proses pengukusan pisang

dengan penyimpanan di suhu sangat rendah yaitu freezer menghasilkan tepung pisang paling kasar.

Tabel 3. Pengaruh Pasca Pengolahan Tepung Pisang Tanduk terhadap Rendemen dan Densitas Kamba Pisang Tanduk

No	Perlakuan	Rendemen (%)	Densitas Kamba (g/ml)
1.	Kontrol	19,67 ± 0,58 ^{bc}	51,00 ± 4,58 ^a
2.	Kukus	22,43 ± 2,50 ^{cdef}	84,33 ± 1,15 ^b
3.	Kukus +24 jam refrigerator	16,83 ± 1,10 ^a	83,67 ± 3,21 ^b
4.	Kukus + 48 jam refrigerator	18,33 ± 1,89 ^{ab}	84,00 ± 1,00 ^b
5.	Kukus + 24 jam freezer	23,73 ± 0,93 ^{ef}	79,67 ± 1,53 ^a
6.	Kukus + 48 jam freezer	21,86 ± 1,25 ^{cde}	77,00 ± 1,00 ^a
7.	Rebus	23,67 ± 2,05 ^{bef}	89,67 ± 1,53 ^b
8.	Rebus + 24 jam refrigerator	19,17 ± 1,39 ^a	84,33 ± 2,31 ^b
9.	Rebus + 48 jam refrigerator	20,53 ± 0,40 ^{bdf}	81,33 ± 1,15 ^a
10.	rebus + 24 jam freezer	26,83 ± 0,94 ^g	74,3 ± 1,15 ^a
11.	rebus + 48 jam freezer	24,6 ± 0,79 ^g	76,67 ± 1,15 ^a

Keterangan : berdasarkan uji *Kruskal Wallis* ($p < 0,05$) sehingga dilakukan uji lanjut. Nilai yang diikuti dengan huruf yang sama pada setiap kolom menunjukkan nilai yang tidak berbeda nyata (uji lanjut *Mann-Whitney $\alpha = 5\%$*)

Tabel 3 menunjukkan hasil rata-rata pengaruh pra treatment pisang tanduk terhadap rendemen dan densitas kamba tepung pisang tanduk. Rendemen tepung pisang tanduk berkisar antara 16,7 – 28,6% sedangkan densitas kamba antara 47 – 91 g/ ml. Proses pra treatment pada tepung pisang menyebabkan perubahan pada rendemen dan densitas kamba pada tepung pisang yang dihasilkan. Hasil analisis statistik uji *Kruskal Wallis* menunjukkan bahwa proses pra treatment memberikan pengaruh yang signifikan terhadap densitas kamba ($p = 0,001$) dan rendemen ($p = 0,002$) tepung pisang tanduk yang dihasilkan. Proses pemanasan menggunakan metode kukus dan rebus meningkatkan rendemen tepung pisang tanduk yang dihasilkan. Proses penyimpanan di refrigerator menurunkan rendemen pisang tanduk sedangkan penyimpanan di freezer tidak mempengaruhi rendemen pisang tanduk yang dihasilkan. Rendemen tepung pisang tanduk pra treatment rebus lebih tinggi dibandingkan yang kukus. Pra treatment kombinasi rebus dan penyimpanan pada freezer menghasilkan rendemen tepung pisang tanduk tertinggi. Sementara itu, perlakuan penyimpanan pada

refrigerator menghasilkan rendemen pisang terendah. Sehingga, kurang cocok bila diaplikasikan dalam industri.

Perlakuan pasca pengolahan tepung pisang tanduk menyebabkan bervariasinya nilai densitas kamba. Proses pra treatment dengan pemanasan (kukus dan rebus) dan kombinasi pemanasan dengan penyimpanan meningkatkan densitas kamba tepung yang dihasilkan dibandingkan dengan kontrol. Proses perebusan cenderung meningkatkan densitas kamba tepung yang dihasilkan dibandingkan proses pengukusan. Proses penyimpanan di suhu refrigerator dan freezer cenderung menurunkan nilai densitas kamba tepung pisang tanduk pra treatment dibandingkan dengan proses pemanasan tanpa penyimpanan suhu rendah.

Tabel 4. Pengaruh Pasca Pengolahan Tepung Pisang Tanduk terhadap Mutu Kimia Tepung Pisang Tanduk

No	Perlakuan	Kadar Pati Resisten (%)	Kadar Pati (%)
1.	Na bisulfit (control)	15,99 ± 4,07 ^{abc}	48,32 ± 29,78 ^a
2.	Kukus	16,59 ± 2,01 ^{bc}	66,40 ± 4,10 ^a
3.	Kukus + 24 jam refrigerator	12,63 ± 1,40 ^{ab}	52,12 ± 2,34 ^a
4.	Kukus + 48 jam refrigerator	16,67 ± 2,06 ^{bc}	58,92 ± 5,72 ^a
5.	Kukus + 24 jam freezer	12,75 ± 2,12 ^{ab}	67,88 ± 2,94 ^a
6.	Kukus + 48 jam freezer	23,19 ± 0,56 ^e	61,16 ± 8,11 ^a
7.	Rebus	13,00 ± 2,15 ^{abc}	67,32 ± 2,47 ^a
8.	Rebus + 24 jam refrigerator	11,18 ± 1,18 ^a	50,16 ± 3,76 ^a
9.	Rebus + 48 jam refrigerator	16,67 ± 2,06 ^{bc}	58,92 ± 5,71 ^a
10.	rebus + 24 jam freezer	22,28 ± 1,23 ^{de}	57,20 ± 4,62 ^a
11.	rebus + 48 jam freezer	17,61 ± 0,91 ^{cd}	69,76 ± 5,13 ^a

Keterangan : berdasarkan uji *One Way Anova* ($p < 0,05$) sehingga dilakukan uji lanjut. Nilai yang diikuti dengan huruf yang sama pada setiap kolom menunjukkan nilai yang tidak berbeda nyata (uji lanjut *DMRT* $\alpha = 5\%$)

Tabel 4 menunjukkan hasil rata-rata pengaruh pra treatment pisang tanduk terhadap kadar pati resisten dan kadar pati tepung pisang tanduk. Kadar pati resisten tepung pisang tanduk berkisar antara 10,17 – 23,82% sedangkan kadar pati antara 45,84 – 73,56%. Proses pasca pengolahan pada tepung pisang menyebabkan perubahan pada kadar pati resisten dan

kadar pati tepung pisang yang dihasilkan. Hasil analisis statistik uji *One Way Anova* menunjukkan bahwa proses pra treatment memberikan pengaruh yang signifikan terhadap kadar pati resisten ($p=0,0001$), namun tidak signifikan terhadap kadar pati ($p=0,157$) tepung pisang tanduk yang dihasilkan. Hasil uji lanjut kadar pati resisten menggunakan uji DMRT menunjukkan bahwa proses pengukusan, perebusan, kombinasi pemanasan (pengukusan dan perebusan) dan penyimpanan pada suhu refrigerator, tidak mempengaruhi kadar pati resisten tepung pisang tanduk yang dihasilkan. Sementara itu proses pengukusan dengan kombinasi penyimpanan suhu rendah di freezer selama 48 jam dan proses perebusan dengan kombinasi penyimpanan pada suhu freezer selama 24 jam meningkatkan kadar pati resisten secara signifikan.

PEMBAHASAN

Mutu Fisik

Tabel 3 menunjukkan hasil rata-rata pengaruh pra treatment pisang tanduk terhadap rendemen dan densitas kamba tepung pisang tanduk. Rendemen berhubungan dengan kandungan pati dan kadar air tepung. Semakin rendah kadar air tepung, maka semakin rendah juga rendemen tepung yang dihasilkan (Rosalina *et al.*, 2018). Nilai rendemen yang rendah pada proses pemanasan dengan pengukusan diduga akibat penyusutan bobot oleh karena air yang hilang selama pemanasan. Proses pemanasan menyebabkan sel-sel membran lebih permeabel, sehingga pergerakan air tidak terhambat, oleh karena itu air lebih mudah dikeluarkan saat pengeringan. Sebaliknya, blansing perebusan menyebabkan bahan pangan akan kontak langsung dengan air sehingga bahan akan lebih cepat panas. Perebusan akan menurunkan ikatan yang terdapat dalam bahan pangan sehingga selama perebusan air lebih mudah masuk kedalam bahan pangan, hal ini menyebabkan rendemennya lebih tinggi (Sabahannur *et al.*, 2023)

Densitas kamba merupakan perbandingan masa dan volume bahan. Semakin tinggi nilai densitas kamba menunjukkan produk semakin padat (Rosalina *et al.*, 2018). Tabel 3 menunjukkan densitas kamba pisang rebus lebih tinggi dibandingkan pisang kukus. Selain itu proses pra treatment tepung pisang pada berbagai perlakuan cenderung lebih tinggi dibandingkan kontrol. Hal ini kemungkinan disebabkan karena perbedaan kadar air pada saat

proses pra treatment kukus, rebus, dan penyusutan kadar air saat penyimpanan pada refrigerator maupun freezer. Saat perebusan air dapat masuk ke dalam pori-pori pisang sehingga kandungan air dalam pisang tersebut lebih tinggi dibandingkan dengan blansing pengukusan. Kadar air yang tinggi menyebabkan berat dari bahan yang diukur menjadi lebih besar dalam volume wadah yang sama sehingga mengakibatkan densitas kamba juga mengalami kenaikan atau lebih besar. Selain itu tingginya kadar air mengakibatkan partikel pada tepung menjadi lebih berat sehingga volume pada celah partikel menjadi lebih kecil. Hal ini dikarenakan partikel terbentuk semakin besar sehingga semakin besar pula jumlah densitas kamba yang dimiliki oleh bahan tersebut (Rahmawati, Susilo and Yulianingsih, 2014). Proses pra treatment *blanching* dan penyimpanan pada suhu rendah dapat melunakkan tekstur bahan sehingga tepung yang dihasilkan menjadi lebih halus. Jika partikel tepung semakin halus maka semakin banyak tepung yang menempati ruang. Hal ini menyebabkan nilai *bulk density* semakin besar (Sabahannur *et al.*, 2023).

Mutu Kimia

Pati adalah polimer yang tersusun dari molekul D-glukosa yang dihubungkan dengan ikatan glikosidik. Berdasarkan jenis polimerasinya, pati dibagi menjadi dua jenis yaitu amilosa dan amilopektin (Wang *et al.*, 2023). Struktur ini akan menentukan sifat fungsional pati dalam rangka menentukan aplikasi industri yang dapat digunakan sebagai makanan, nutraceutical, dan bahan pengisi. Pisang menyediakan sumber alternatif untuk sumber pati (Kajubi *et al.*, 2024). Hasil penelitian menunjukkan bahwa proses pasca pengolahan cenderung meningkatkan kadar pati meskipun tidak berbeda secara signifikan. Hasil ini sejalan dengan penelitian di Thailand bahwa proses pasca pemanasan pada pisang terbukti memiliki dampak pada kandungan pati (Chaipai, Kriangsinyot and Srichamnong, 2018).

Pati resisten merupakan karbohidrat kompleks yang resisten terhadap pencernaan di saluran pencernaan bagian atas. Pati resisten diklasifikasikan menjadi 5 jenis yaitu tipe 1 sampai 5 (Bojarczuk *et al.*, 2022). Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode kombinasi pemanasan dengan penyimpanan pada suhu rendah berpengaruh terhadap kadar pati resisten. Hal ini mengindikasikan bahwa metode pasca pengolahan pada penelitian telah berhasil memodifikasi fraksi pati pada pisang tanduk. Hal ini sejalan dengan penelitian di thailand

menggunakan metode pemanasan, penyimpanan di suhu rendah, dan kombinasi penyimpanan dan pemanasan terbukti meningkatkan kadar pati resisten. Pasca pengolahan akan menyebabkan pati mengalami gelatinisasi. Kombinasi perlakuan pemasakan dan penyimpanan pada suhu rendah akan mengubah daya cerna pati pada tepung pisang (de la Rosa-Millán *et al.*, 2014). Proses pasca pengolahan pada pisang juga terbukti memiliki dampak pada kandungan pati resisten dan indeks glikemik. Kandungan pati resisten dapat meningkat dengan proses perebusan dibandingkan dipanggang (Chaipai, Kriangsinyot and Srichamnong, 2018). Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian menggunakan pisang kepok. Perebusan dan pendinginan selama 1 malam lebih efektif dalam menghasilkan pati tergelatinisasi dibandingkan proses pengukusan dan proses pemanggangan (Rosida, rosida, 2011).

KESIMPULAN

Pasca pengolahan pada tepung pisang berpengaruh terhadap rendemen, densitas kamba, dan kadar pati resisten, namun tidak berpengaruh pada kadar pati tepung pisang tanduk yang dihasilkan. Proses pasca pengolahan pemanasan baik kukus maupun rebus tidak berpengaruh terhadap kadar pati resisten yang dihasilkan. Kombinasi proses pemanasan dan penyimpanan suhu rendah pada freezer meningkatkan kadar pati resisten secara signifikan. Perlakuan terbaik pada penelitian ini adalah perlakuan perebusan + freezer 24 jam dan pengukusan + freezer 48 jam. Perlu dilakukan uji lanjut yaitu analisis proksimat (air, abu, protein, lemak, dan karbohidrat) pada perlakuan terbaik tepung pisang yang dihasilkan

UCAPAN TERIMA KASIH

Kami berterimakasih kepada Politeknik Kesehatan Kementerian Kesehatan Malang dan Kementerian Kesehatan RI atas pendanaan penelitian menggunakan skema dosen pemula.

DAFTAR PUSTAKA

- Aw, W. and Fukuda, S. (2018) 'Understanding the role of the gut ecosystem in diabetes mellitus', *Journal of Diabetes Investigation*, 9(1), pp. 5–12. doi:10.1111/jdi.12673.
- Bhavadharini, B. *et al.* (2020) 'White rice intake and incident diabetes: A study of 132,373

- participants in 21 countries', *Diabetes Care*, 43(11), pp. 2643–2650. doi:10.2337/dc19-2335.
- Bojarczuk, A. *et al.* (2022) 'Health benefits of resistant starch: A review of the literature', *Journal of Functional Foods*, 93(May). doi:10.1016/j.jff.2022.105094.
- Chaipai, S., Kriangsinyot, W. and Srichamnong, W. (2018) 'Effects of ripening stage and cooking methods on available glucose, resistant starch and estimated glycemic index of bananas (*Musa sapientum*; Nam-wa variety)', *Malaysian Journal of Nutrition*, 24(2), pp. 269–279.
- Fuentes-Zaragoza, E. *et al.* (2010) 'Resistant starch as functional ingredient: A review', *Food Research International*, 43(4), pp. 931–942. doi:10.1016/j.foodres.2010.02.004.
- Hossain, M.A. and Pervin, R. (2018) 'Current Antidiabetic Drugs', *Nutritional and Therapeutic Interventions for Diabetes and Metabolic Syndrome*, (January 2018), pp. 455–473. doi:10.1016/B978-0-12-812019-4.00034-9.
- International, A. (1980) *AOAC: Official Methods of Analysis, 1980*.
- Kajubi, A. *et al.* (2024) 'Cultivars in Uganda', pp. 1–19.
- Kim, M.K., Park, J. and Kim, D.M. (2024) 'Resistant starch and type 2 diabetes mellitus: Clinical perspective', *Journal of Diabetes Investigation*, 15(4), pp. 395–401. doi:10.1111/jdi.14139.
- de la Rosa-Millán, J. *et al.* (2014) 'Effect of cooking, annealing and storage on starch digestibility and physicochemical characteristics of unripe banana flour', *Revista Mexicana de Ingeniera Quimica*, 13(1), pp. 151–163.
- Makki, K. *et al.* (2018) 'The Impact of Dietary Fiber on Gut Microbiota in Host Health and Disease', *Cell Host and Microbe*, 23(6), pp. 705–715. doi:10.1016/j.chom.2018.05.012.
- MC Deeds, JM Anderson, AS Armstrong, DA Gastineau, HJ Hiddinga, A Jahangir, N. and Eberhardt, and Y.K. (2013) 'Single Dose Streptozotocin Induced Diabetes: Considerations for Study Design in Islet Transplantation Models', *Laboratory Animals*, 45(3), pp. 131–140. doi:10.1258/la.2010.010090.Single.
- Munir, H. *et al.* (2024) 'Green banana resistant starch: A promising potential as functional ingredient against certain maladies', *Food Science and Nutrition*, 12(6), pp. 3787–

3805. doi:10.1002/fsn3.4063.
- Priyadarshini, M. *et al.* (2017) 'SCFA Receptors in Pancreatic Beta Cells : Novel Diabetes', 27(9), pp. 653–664. doi:10.1016/j.tem.2016.03.011.SCFA.
- Rahmawati, L., Susilo, B. and Yulianingsih, R. (2014) 'Pengaruh Variasi Blanching dan Lama Perendaman Asam Asetat (CH 3 COOH) Terhadap Karakteristik Tepung Labu Kuning Termodifikasi The Influence of Blanching Method and Soaking Time in Asetat Acid (CH 3 COOH) on Modified Cucurbita Flour Characteristic', *Jurnal Bioproses Komoditas Tropis*, 2(2), pp. 107–115.
- Raigond, P., Dutt, S. and Singh, B. (2019) *Resistant Starch in Food, Reference Series in Phytochemistry*. doi:10.1007/978-3-319-78030-6_30.
- Rosalina, Y. *et al.* (2018) 'Characteristics of Banana Flour from Bengkulu Local Banana Varieties', *Industria: Jurnal Teknologi dan Manajemen Agroindustri*, 7(3), pp. 153–160. doi:10.21776/ub.industria.2018.007.03.3.
- Sabahannur, S. *et al.* (2023) 'Efek Metode Blansing dan Suhu Pengeringan Terhadap Mutu Tepung Ubi Jalar (*Ipomoea batatas* L.)', *AGRITEKNO: Jurnal Teknologi Pertanian*, 12(2), pp. 143–152. doi:10.30598/jagritekno.2023.12.2.143.
- Suloi, A.N.F. (2019) '92 POTENSI PATI RESISTEN DARI BERBAGAI JENIS PISANG – A REVIEW (Potential Resisten Starch Prepared by Banana – A Review) Andi Nur Fajri Suloi 1*)', *Potensi Pati Resisten Dari Berbagai Jenis Pisang – a Review*, pp. 92–96.
- Sun, H. *et al.* (2022) 'IDF Diabetes Atlas: Global, regional and country-level diabetes prevalence estimates for 2021 and projections for 2045', *Diabetes Research and Clinical Practice*, 183, p. 109119. doi:10.1016/j.diabres.2021.109119.
- Sutomo and Purwanto, N.H. (2023) 'Pengaruh Konsumsi Tisane Daun Belimbing Wuluh terhadap Perubahan kadar Gula dalam Darah pada Penderita Diabetes Mellitus Tipe 2', pp. 32–41.
- Tapre, A.R. and Jain, R.K. (2016) 'Study of inhibition of browning of clarified banana juice', *Asian Journal of Dairy and Food Research*, 35(2). doi:10.18805/ajdfr.v35i2.10723.
- Vasilakou, D. *et al.* (2013) 'Annals of internal medicine', *Annals of Internal Medicine*, 170(5), pp. ITC33–ITC48. doi:10.7326/AITC201903050.

- Wang, Z. *et al.* (2023) 'Synthesis and Functions of Resistant Starch', *Advances in Nutrition*, 14(5), pp. 1131–1144. doi:10.1016/j.advnut.2023.06.001.
- Zhang, L. *et al.* (2015) 'Effect of dietary resistant starch on prevention and treatment of obesity-related diseases and its possible mechanisms', *Biomedical and Environmental Sciences*, 28(4), pp. 291–297. doi:10.3967/bes2015.040.
- Zhu, Z. *et al.* (2018) 'Sulfated Polysaccharide from Sea Cucumber and its Depolymerized Derivative Prevent Obesity in Association with Modification of Gut Microbiota in High-Fat Diet-Fed Mice', *Molecular Nutrition and Food Research*, 62(23), pp. 1–29. doi:10.1002/mnfr.201800446.
- Zou, J. *et al.* (2017) '乳鼠心肌提取 HHS Public Access', *Physiology & behavior*, 176(3), pp. 139–148. doi:10.1002/hep.30150.Ductular.