

Karakteristik Fisikokimia Pengeringan Kalakai (*Stenochlaena palustris*) Sebagai Pangan Lokal Khas Kalimantan dengan Pretreatment Asam Alami

Ayutha Wijinindyah^{1*}, Husnul Chotimah², Jerry Selvia³, Zuni Arfiyanti⁴, Nandean Larantuka⁵

^{1,2,3,4,5} Universitas Antakusuma, Jl. Iskandar No. 63, Kotawaringin Barat, 74117, Indonesia

*Alamat email penulis koresponden: ayutha111@gmail.com

Abstrak

Kalakai adalah tanaman khas di Kalimantan yang berlimpah, namun sangat minim pengelolaan. Tanaman ini selama ini hanya digunakan pakan ternak, padahal kandungan gizinya dapat dimanfaatkan untuk mengatasi permasalahan gizi di masyarakat. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengkaji karakteristik fisikokimia kalakai yang dikeringkan dengan perlakuan pendahuluan yakni perendaman asam (pretreatment asam). Pretreatment asam mampu mempercepat waktu pengeringan, meningkatkan nilai gizi dan mengurangi senyawa inhibitor pada bahan pangan. Penelitian ini adalah penelitian eksperimen dengan Rancangan Acak Lengkap (RAL) menggunakan empat sampel dan tiga ulangan. Sampel adalah kalakai segar dan bahan pretreatment asam yakni jeruk nipis, belimbing wuluh dan asam jawa. Sampel dilakukan pretreatment asam dengan cara merendam 0,5% selama 5 menit, setelah ditiriskan sampel dikeringkan pada oven suhu 50°C hingga kadar air $\leq 10\%$. Pengujian dilakukan dengan Uji Anova taraf 5%. Sampel kemudian dihaluskan dan diukur lama pengeringan, aspek fisik (pH, rendemen), aspek kimia yakni kadar proksimat (kadar air, abu, protein, lemak, serat kasar, karbohidrat), dan mineral (kalsium, fosfor dan zat besi). Hasil memperlihatkan bahwa pengeringan dengan pretreatment jeruk nipis memiliki waktu pengeringan paling cepat (5,3 jam). Pretreatment asam memberikan perbedaan pada analisa fisik pH dan rendemen serta analisa kimia yakni proksimat dan mineral (taraf signifikan 0,5%). Secara umum hasil terbaik didapat pada perlakuan dengan pretreatment asam jeruk nipis.

Kata Kunci: asam, fisikokimia, kalakai, pengeringan, pretreatment

1. PENDAHULUAN

Kalakai adalah tanaman endemic dari golongan paku-pakuan yang banyak terdapat di Kalimantan. Tanaman ini tumbuh subur di lahan basah, khususnya lahangambut, tanah rawa, hutan belukar, dan secara umum banyak terdapat di sekitar tempat pemukiman penduduk ataupun pinggir jalan. Sebagai salah satu tanaman pada lahan rawa, pemanfaatan kalakai masih belum maksimal, karena sebagian orang menganggap kalakai adalah gulma lahan rawa (Shada *et al.*, 2022). Kalakai secara turun-temurun dimanfaatkan sebagai obat tradisional yakni sebagai antibakteri, menurunkan demam, penyakit kulit dan sumber zat besi. Masyarakat Dayak juga mengkonsumsi daun kalakai karena dipercaya mampu memperbanyak dan memperlancar ASI bagi ibu menyusui. (Margono *et al.*, 2016). Penelitian terbaru memperlihatkan potensi kalakai sebagai obat antikanker (Mashar dan Annah, 2020), antioksidan dan menurunkan kadar gula darah pada penderita diabetes (Pandiangan *et al.*, 2022), dan mampu menurunkan kolesterol pada tubuh (Shada *et al.*, 2022). Meski demikian, sebagian besar masyarakat memanfaatkan kalakai sebagai pakan ternak

Terdapat 2 (dua) jenis kalakai yakni daun kalakai berwarna merah dan daun kalakai berwarna hijau. Kalakai dengan jenis daun berwarna merah memiliki potensial nilai gizi lebih untuk mengatasi anemia, memiliki kandungan vitamin C, zat besi (Fe) dan beta karoten lebih tinggi dibandingkan kalakai dengan daun berwarna hijau. Kandungan fitokimia pada kalakai antara lain mengandung flavonoid, quercetin, fenol, alkaloid, dan steroid. Adapun kandungan gizi pada kalakai yakni protein (2,36%), serat kasar (4,44%), lemak (0,11%), air (89,09%), vitamin dan mineral (Fe) (Indrayanti *et*

al., 2016). Pengolahan kalakaipun sangat terbatas, yakni diolah menjadi keripik kalakai, ditumis dan dioseng (Mashar *et al.*, 2022). Penelitian Natal (2023) menyebutkan pemanfaatan nugget dengan tambahan kalakai dapat mengatasi permasalahan balita *underweight*. Hal ini menjadi peluang untuk pengolahan kalakai pada bentuk olahan lainnya.

Proses pembuatan bubuk kalakai menggunakan pengolahan pangan menggunakan pengeringan (*drying*). Pengeringan sebagai bagian dari pasca panen memiliki tujuan utama yakni mengurangi kadar air dengan cara menguapkan air menggunakan energi panas melalui perpindahan panas dan massa secara bersamaan dari sumber panas yang ada pada bahan sehingga terjadi proses penguapan. Melalui proses pengeringan maka akan di dapat penurunan kadar air pada produk yang dikeringkan dan dapat menghambat pertumbuhan mikroorganisme, aktivitas enzim sehingga mampu memperpanjang umur simpan (Ramli *et al.*, 2017).

Teknologi pengeringan dalam mengolah kalakai merupakan salah satu upaya untuk memperpanjang umur simpan kalakai, dan mempermudah pengolahan pada tahap selanjutnya, khususnya di bidang kuliner. Pengeringan daun kalakai menjadi bubuk akan berpengaruh terhadap sifat zat gizi dan fungsional pada produk akhir. Negi *et al.*, (2024) menjelaskan bahwa setiap metode pengeringan akan mempengaruhi kadar air dan retensi zat gizi secara berbeda. Suhu pengeringan dan metode perlakuan sebelum proses pengeringan akan berdampak pada kemampuan optimalisasi produk mempertahankan fitokimianya. Meskipun pengeringan akan mempengaruhi sifat fisik dan kimia produk, namun teknologi pengeringan masih banyak diminati oleh masyarakat karena akan memiliki umur simpan yang lebih lama karena kadar air dan aktivitas air yang berkurang (Sulistiani dan Tanggasari, 2024).

Perlakuan pendahuluan atau dikenal dengan nama *pretreatment* asam adalah perlakuan awal sebelum proses pengeringan berlangsung. Perendaman asam pada proses pengering daun menjadi hal yang penting karena mempengaruhi komposisi kimia dan kualitas berbagai bahan, antara lain retensi zat gizi penting dan senyawa volatil (Bai *et al.*, 2023). Penelitian Abduljabar dan Ahmed (2023) memperlihatkan bahwa perendaman daun serai dan asam askorbat (0,5/L selama 15 menit) akan menghasilkan mineral kalium dan minyak volatil yang lebih tinggi dibandingkan kontrol. Adapun bahan pengasam yang bisa digunakan pada *pretreatment* asam antara lain asam sitrat, asam askorbat, ataupun bahan alami dari buah yang mengandung asam seperti asam jawa, lemon, jeruk nipis, belimbing wuluh. Pengeringan dengan *pretreatment* asam mampu mempercepat waktu pengeringan, mempertahankan dan meningkatkan nilai zat gizi, meminimalkan kehilangan warna dan zat gizi, mengurangi aroma langu dan bau getir, mengurangi zat anti gizi, dan meningkatkan daya simpan (Wijiniyandah *et al.*, 2022; Chotimah *et al.*, 2023).

Hal ini selaras dikemukakan oleh Efendi *et al.*, (2016) bahwa salah satu kendala pengolahan dengan pengeringan adalah reaksi *browning* atau pencoklatan, dan upaya untuk meminimalkan hal tersebut adalah dengan melakukan perlakuan pendahuluan sebelum pengolahan berupa perendaman dengan senyawa asam ataupun dengan perpaduan perlakuan pendahuluan lainnya (misalnya menggunakan *blanching*). Beberapa jenis bahan yang digunakan pada perendaman untuk mencegah proses pencoklatan adalah larutan sulfit, asam askorbat, asam sitrat dan garam; karena mampu mengurangi reaksi pencoklatan akibat reaksi enzim polifenoloksidase, oksigen dan senyawa polifenol ataupun reaksi selama proses pengeringan berlangsung. Hal ini karena senyawa asam dapat menurunkan pH sehingga enzim polyphenol oksidase menjadi inaktif (Wibowo *et al.*, 2017).

Bahan asam secara kimiawi yang umum digunakan sebagai *pretreatment* asam pada dunia industri adalah asam sitrat, yakni telah direkomendasikan oleh *Food and Drug Administration* (FDA). Penggunaan *pretreatment* asam dari bahan alami masih jarang untuk diteliti, padahal penggunaan *pretreatment* asam alami sangat berpotensi pada pengolahan pangan karena Pemanfaatan *pretreatment* asam secara alami menggunakan bahan lokal diharapkan lebih ekonomis, mudah didapat dan aman bagi kesehatan.

Belimbing wuluh (*Averrhoa bilimbi*) atau dikenal masyarakat dengan belimbing sayur, merupakan tanaman yang mudah ditemukan di sekitar berpotensi sebagai bahan pengasam pada *pretreatment* asam, untuk mengatur keasamaan dan menambah nilai produk. Selain itu, belimbing wuluh kaya akan senyawa bioaktif yakni vitamin C (diperkirakan 25 mg per 100 g), flavonoid, triterpenoid, asam sitrat, pektin (diperkirakan 5% dari berat kering) dan senyawa fenolik (Gawli *et al.*, 2021; Duarah *et al.*, 2023; Yusoff *et al.*, 2024).

Asam jawa merupakan tanaman fungsional yang memiliki rasa asam manis dan beraroma segar. Asam jawa mengandung asam tartarat (6,63%) kalium bitartarat (5,27%), asam sitrat (2,20%) dan asam – asam organik lainnya seperti asam askorbat, asam suksinat, asam malat dan asam asetat. . Selain itu, asam jawa juga mengandung gula pereduksi yang tinggi (Soemadji, 2007; Fadhillah *et al.*, 2024). Asam jawa juga mengandung kandungan gizi yang lengkap yakni kadar air (63,3-68,6%), protein (0,27-1,69%), lemak (0,1-0,8%), sukrosa (2-3,4%), selulosa dan abu (1,2-1,6%) (Rumana, 2005).

Berdasarkan hal di atas, tujuan penelitian ini adalah melihat bagaimana karakteristik fisikokimia pengeringan kalakai (*stenochlaena palustris*) sebagai pangan lokal khas kalimantan dengan *pretreatment* asam, yakni *pretreatment* asam secara alami, yakni jeruk nipis, belimbing wuluh dan asam jawa.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini adalah penelitian eksperimental dengan Rancangan Acak Lengkap, menggunakan 4 sampel perlakuan dan 3 ulangan (P0 : Kontrol; P1 : bubuk kalakai *pretreatment* asam jawa; P2 : bubuk kalakai *pretreatment* jeruk nipis dan P3 : bubuk kalakai *pretreatment* belimbing wuluh). Proses pengeringan dan analisis fisik dilakukan di Laboratorium Antakusuma Pangkalan Bun yakni pH, dan rendemen. Analisa kimia dilakukan di Laboratorium Produksi Peternakan IPB-Bogor, yakni analisa proksimat (kadar air, kadar abu, kadar lemak, kadar protein, kadar serat kasar dan kadar karbohidrat). Hasil dianalisis dengan SPSS, apabila terdapat perbedaan dilakukan pengujian lanjut uji *Duncan* taraf 5%.

2.1 Alat dan Bahan

Alat pada penelitian ini adalah peniris, oven, cawan, timbangan analitik, oven, seperangkat alat ukur proksimat (yakni oven, untuk mengukur kadar air, tanur untuk mengukur kadar abu, soxhlet untuk mengukur kadar lemak, labub kjedal untuk mengukur kadar protein), blender dan ayakan 80 *mesh*, blender, ayakan, baksom, dan pengemas. Bahan pada penelitian ini adalah bahan *pretreatment* asam dengan persentase 0,5% (jeruk nipis, belimbing wuluh, asam jawa), aquades.

2.2 Metode

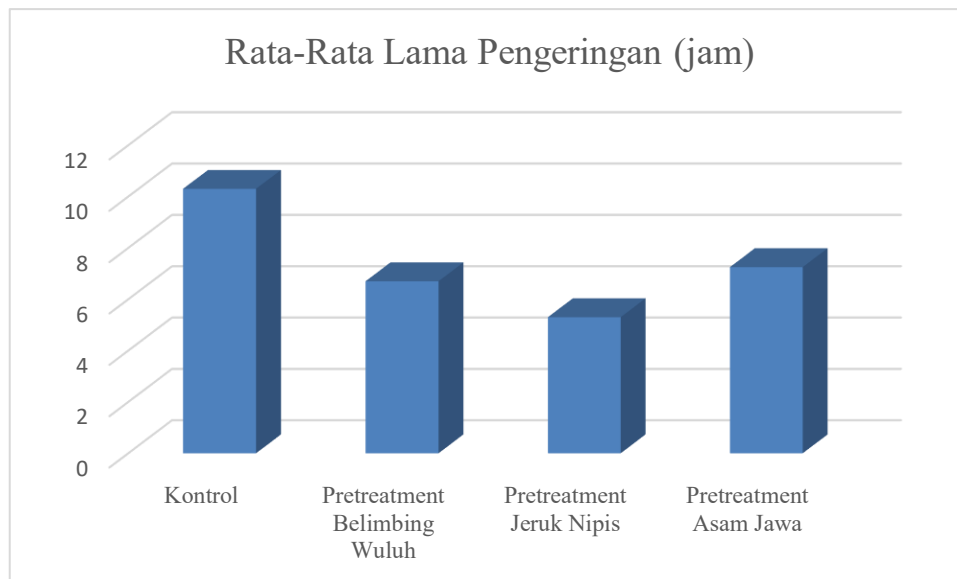
Metode Pengeringan merupakan pengembangan penelitian sebelumnya (Wijiniindyah, 2022). Sampel daun kalakai dicuci bersih direndam *pretreatment* asam yakni perasan jeruk nipis, belimbing wuluh, dan asam jawa dengan konsentrasi 0,5% selama 5 menit. Setelah ditiris, sampel kemudian dikeringkan pada oven suhu 50 °C hingga kadar airnya <10%. Sampel selanjutnya dihaluskan dengan cara diblender dan diayak hingga halus, Sebelum dikemas, sampel di oven kembali selama 30 menit selanjutnya dikemas.

3. HASIL dan PEMBAHASAN

3.1. Lama Pengeringan

Lama pengeringan daun kalakai hingga mencapai kadar air <10% memiliki lama waktu yang berbeda-beda. Rata – rata lama pengeringan daun kalakai yakni kontrol 9 jam, *pretreatment* asam jawa 7 jam, *pretreatment* belimbing wuluh 6 jam dan *pretreatment* jeruk nipis 5,3 jam. Hasil memperlihatkan bahwa penggunaan *pretreatment* asam alami mampu mempercepat waktu pengeringan dibandingkan tanpa pemberian *pretreatment* asam alami (kontrol). Secara umum, pemanfaatan *pretreatment* asam pada proses pengeringan yakni karena dengan adanya *pretreatment* asam akan menyebabkan terjadinya hidrolisis ikatan polisakarida (misal pektin dan pati). Kandungan bahan pengasam ini akan melemahkan ikatan hydrogen dalam pati dan pektin, memecah polisakarida menjadi monomer glukosa dan meningkatkan jumlah gugus hidroksil bebas yang mengikat air secara lebih lemah sehingga air yang terikat pada jaringan bahan menjadi lebih mudah dilepaskan saat pengeringan. Akibat dari reaksi hidrolisis tersebut membuat pelepasan air menjadi lebih besar dan struktur bahan berongga, sehingga proses penguapan air pada saat proses pengeringan menjadi lebih

cepat (Lalu *et al.*, 2023). Bahkan *pretreatment* asam juga digunakan sebagai *chelating agent* yang menghambat aktivitas enzim yang menyebabkan pencoklatan dan kerusakan bahan selama proses pengeringan (Ananingsih, 2017).



Gambar 1. Lama Waktu Pengeringan

Ananingsih *et al.*, (2017) menjelaskan bahwa dengan adanya *pretreatment* asam, maka proses perendaman dengan senyawa asam alami (jeruk nipis, belimbing wuluh, asam jawa) akan membantu membuka pori-pori bahan (kalakai) sehingga pada saat proses pengeringan membuat air mudah teruapkan. Mekanisme penggunaan *pretreatment* asam adalah dengan adanya zat asam, maka ion H^+ akan mengikat air selama proses perendaman berlangsung (5 menit). Proses pengikatan air ini membuat kalakai pada saat dikeringkan akan kehilangan banyak air karena senyawa asam menyebabkan ikatan hydrogen pada bahan melemah sehingga air tidak mudah terikat dan terjadilah peristiwa hidrolisis (Pomanto *et al.*, 2016). Hal inilah yang menyebabkan penggunaan *pretreatment* asam dapat mempercepat waktu pengeringan.

Penggunaan *pretreatment* asam pada awal masa pengeringan akan sangat cepat menguapkan sejumlah air pada tahap awal pengeringan 1-3 jam pertama. Pendugaan kandungan pektin pada bahan pengasam (belimbing wuluh, jeruk nipis dan asam jawa) serta bahan pangan yang dikeringkan (kalakai) ikut mempengaruhi lama pengeringan dan kadar akhir bahan yang dikeringkan. Pektin merupakan agen yang dapat membentuk gel selama proses pemanasan oleh pengeringan. Kandungan pektin pada bahan, bersama-sama dengan gula dan asam akan membentuk matriks yang memperkuat struktur produk, sehingga akan berpengaruh terhadap suhu pengeringan yang moderat (Alam, 2024). Hal ini karena pektin memiliki kemampuan membentuk gel bersama air dan gula, menyebabkan air terperangkap dalam struktur gel tersebut. Mekanisme ini akan menghambat pelepasan air selama proses pengeringan, sehingga kadar air yang dihasilkan oleh produk yang dikeringkan dengan menggunakan *pretreatment* asam cenderung lebih tinggi jika dibandingkan dengan kontrol, meskipun *pretreatment* asam mampu mempercepat proses pengeringan. Sehingga diperlukan penelitian lebih lanjut untuk melihat keseimbangan antara suhu pengeringan, komposisi bahan dan jenis *pretreatment* asam yang digunakan sehingga mencapai kadar air yang sesuai, dan optimal untuk disimpan dalam jangka waktu yang lama (Safitri *et al.*, 2023).

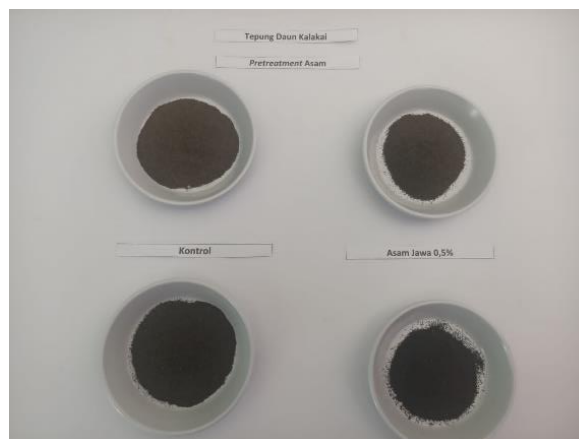
Kadar metoksil pektin pada bahan *pretreatment* asam berpengaruh terhadap kelarutan dan pelepasan air selama pengeringan. Pada umumnya, pektin dengan kadar metoksil tinggi memiliki sifat mudah untuk larut di dalam air, sehingga membuat air lebih cepat menguap, kadar air bahan

yang dikeringkan menjadi rendah dan proses pengeringan cepat selesai. Sebaliknya pada bahan pengasam *pretreatment* asam dengan kadar metoksil pektin rendah, pada proses pengeringan akan membuat waktu pengeringan menjadi lebih lama karena cenderung akan membentuk jaringan tiga dimensi yang kokoh dan menahan air lebih kuat. Selain itu, suhu dan waktu pengeringan juga mempengaruhi penguapan air pada pektin bahan pengasam. Apabila suhu terlalu rendah maka air akan sulit menguap sehingga membutuhkan waktu pengeringan yang lebih lama, sementara apabila suhu pada saat proses pengeringan terlalu tinggi maka akan menyebabkan rendemen pektin terdegradasi (Diana *et al.*, 2023)..

Pretreatment asam jawa cenderung memiliki waktu pengeringan paling lama (7 jam) diantara *pretreatment* jeruk nipis dan belimbing wuluh. Hal ini karena kandungan komposisi asam jawa yang lebih kompleks, antara lain gula reduksi dan protein asam jawa yang lebih kompleks serta perpaduan kandungan pektin yang ada di dalam asam jawa dan bahan. Penambahan asam jawa akan membuat pH menjadi semakin rendah, namun kadar air yang dihasilkan tidak terlalu rendah karena air yang terdapat di dalam bahan (kalakai) terperangkap dalam matriks jaringan gel yang dibentuk oleh pektin. Air bebas yang terserap di dalam matriks jaringan pektin ini selain menyebabkan warna produk menjadi lebih gelap, juga membuat air yang teruapkan saat pengeringan menjadi sedikit (Purnomo *et al.*, 2018). Peringkat selanjutnya dalam pengeringan dengan *pretreatment* asam adalah *pretreatment* asam belimbing wuluh (6 jam). Belimbing wuluh diduga mengandung pektin tinggi yakni hingga 5% dari berat kering (Patil *et al.*, 2010), diikuti dengan kandungan lainnya yakni asam askorbat (18%), gula (2%), dan senyawa oksalat (1%) dan mineral yang ditunjukkan dengan kadar abu sebagai bahan anorganik yang tersisa setelah pembakaran bahan organik (Bhaskar dan Shantaram, 2013).

3.2 Analisa Kadar Proksimat

Tabel 1 memperlihatkan bahwa terdapat perbedaan perlakuan *pretreatment* asam terhadap kadar proksimat yang meliputi kadar lemak, protein, serat, abu, karbohidrat dan kadar air. Pada kadar lemak bubuk daun kelakai *pretreatment* asam jawa memiliki perbedaan signifikan jika dibandingkan dengan bubuk daun kelakai *pretreatment* jeruk nipis, belimbing wuluh dan kontrol; demikian pula pada kadar protein, dan kadar air. Pada kadar abu dan karbohidrat, *pretreatment* asam dengan 3 (tiga) jenis bahan pengasam memberikan perbedaan signifikan



Gambar 2. Bubuk Daun Kelakai

Tabel 1. Analisa Kadar Proksimat Bubuk Daun Kelakai

Kadar Proksimat (%)	<i>Pretreatment</i> Asam Jawa	<i>Pretreatment</i> Jeruk Nipis	<i>Pretreatment</i> Belimbing Wuluh	Kontrol
Lemak	1,27 ± 0,14 ^a	1,98 ± 0,01 ^b	2,04 ± 0,16 ^b	2,06 ± 0,13 ^b
Protein	27,36 ± 0,36 ^b	29,51 ± 0,09 ^c	29,90 ± 0,22 ^c	24,44 ± 0,39 ^a
Serat Kasar	5,66 ± 0,13 ^a	7,34 ± 0,93 ^b	6,778 ± 0,77 ^a	6,29 ± 0,19 ^a
Abu	10,11 ± 0,61 ^a	9,58 ± 0,07 ^a	9,54 ± 0,26 ^a	11,41 ± 0,12 ^b
Karbohidrat	46,81 ± 0,96 ^a	44,95 ± 2,02 ^a	44,92 ± 1,51 ^a	50,58 ± 0,43 ^b
Air	8,77 ± 0,28 ^b	6,63 ± 1,05 ^a	6,84 ± 0,78 ^a	5,21 ± 0,14 ^a

Keterangan : Nilai rata-rata yang ditandai dengan huruf berbeda pada baris yang sama menunjukkan perbedaan yang nyata pada Uji Lanjut Duncan 5%.

Kadar Lemak

Hasil penelitian bahwa terjadi penurunan kadar lemak pada bubuk daun kalakai dengan *pretreatment* asam. Hal ini terlihat bahwa kadar lemak bubuk daun kalakai kontrol (2,06 ± 0,13%) memiliki kecenderungan nilai lebih besar dibandingkan kadar lemak dengan *pretreatment* asam jawa (1,27 ± 0,14%), jeruk nipis (1,98 ± 0,01%) dan belimbing wuluh (2,04 ± 0,16%). Penggunaan *pretreatment* asam dengan merendam selama 5 menit bahan pengasam akan menurunkan pH dan membuat kandungan lemak terlepas. Proses pengeringan akan membuat terjadinya pemanasan sehingga lemak akan mengalami kerusakan dan, sehingga nilai yang dihasilkan lebih rendah (Pertiwi *et al.*, 2018).

Kadar Serat Kasar

Perendaman asam akan menyebabkan pengaruh interaksi antara selulosa dan hemiselulosa. Dampak dari *pretreatment* asam tersebut adalah terjadinya pengurangan berat molekul hemiselulosa yang memfasilitasi pengikatan dengan pektin (Sun, 2023). Proses perendaman dengan asam akan menurunkan serat kasar secara signifikan (Prasetyo *et al.*, 2022). Proses pengeringan tidak terlalu berdampak terhadap kadar serat kasar, namun lebih kepada kadar air dan rendemen. Pengeringan dalam suhu dan waktu yang optimal akan mempertahankan kadar serat kasar, dan apabila pengeringan dilakukan pada suhu tinggi dan waktu berlebih, maka akan menyebabkan sebagian komponen serat terdegradasi (Yamin *et al.*, 2017).

Kadar Karbohidrat

Mahmudin (2024) menjelaskan bahwa semakin lama waktu pengeringan dan semakin tinggi suhu yang digunakan pada saat pengeringan, maka melalui adanya penguapan air sehingga konsentrasi karbohidrat per berat kering meningkat. Selain itu, proses pengeringan akan memecah polisakarida menjadi gula sederhana sehingga karbohidrat yang terukur akan menjadi lebih tinggi.

Kadar Protein

Besarnya kadar protein yang diperoleh dari hasil *pretreatment* oleh jeruk nipis dan belimbing wuluh hampir mendekati sebab adanya peranan asam sitrat di dalamnya. Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Santoso *et al.* (2015), semakin tinggi konsentrasi asam sitrat yang ditambahkan maka semakin tinggi pula kadar protein yang dihasilkan. Adapun penggunaan asam jawa menghasilkan kadar protein paling rendah pada produk *pretreatment* asam karena memiliki pH yang paling rendah sehingga dimungkinkan reaksi denaturasi paling banyak terjadi. Fauziyah *et al.*, (2017) dan Nurjaya (2023) menjelaskan bahwa peristiwa osmosis dan difusi menyebabkan asam masuk ke jaringan dan menurunkan pH intraseluler. Akibat pengaruh asam tersebut menyebabkan hidrolisis protein, yakni gugus asam akan merusak ikatan peptide, melepas air terikat dan internal.

Pada tahap lanjut, denaturasi structural terjaud karena asam mengganggu matriks protein dan mengurangi integritas jaringan hingga rendemen.

Bertambahnya berat jumlah molekul asam sitrat menyebabkan molekul kolagen mengembang dan pecah pada saat berlangsungnya proses pemanasan sehingga ikatan kovalen yang menghubungkan rantai-rantai asam amino terputus. Rantai rantai asam amino yang telah terputus menyebabkan bertambahnya komponen penyusun protein. Pretreatment asam pada bubuk kalakai sangat berpengaruh terhadap kadar air sebab ion H^+ yang terkandung dalam senyawa asam mampu mengikat gugus air pada saat proses perendaman sehingga pada proses pengeringan bubuk akan mengalami banyak kehilangan air (Pomanto *et al.*, 2016). Pada Tabel 1 diketahui bahwa asam sitrat yang terkandung dalam jeruk nipis mampu menurunkan kadar air pada bubuk kalakai hingga 6,63%. Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Melidia (2021) pengaruh penambahan konsentrasi perendaman asam sitrat mampu menurunkan kadar air pada bubuk umbi suweg dari 6,15% menjadi 3,62%.

Kadar Abu

Kadar abu mengindikasikan mineral yang terdapat di dalamnya. Masing-masing *pretreatment* asam memiliki kandungan mineral yang ikut menyumbang pada hasil akhir proses pengabuan bahan pada saat ditanur. *Pretreatment* asam melalui perendaman bahan dengan bahan pengasam 0,5% selama 5 (lima) menit berdampak akan menurunnya pH bahan karena terbentunya asam dari reaksi metabolik dalam jaringan, sehingga terjadi perubahan mineral menjadi bentuk terlarut. Akibat reaksi tersebut, maka mineral yang terkandung dalam jaringan kalakai akan terlarut pada air rendaman sehingga menyebabkan kadar mineral pada kalakai lebih rendah jika dibandingkan dengan kontrol, sehingga kadar abu yang dihasilkan juga lebih sedikit jika dibandingkan dengan kontrol (Wibowo *et al.*, 2017). Kadar abu bubuk kalakai memiliki hubungan terkait kandungan kadar abu pada masing-masing bahan pengasam yang ikut berperan terhadap kadar abu bubuk kalakai. Kematangan buah yang digunakan juga menjadi salah satu faktor kadar abu akhir. Buah sebagai bahan pengasam apabila meningkat kematangannya maka pH yang dihasilkan juga akan berpengaruh.

Kadar Air

Kadar air pada suatu bahan penting dilakukan pengukuran karena akan berpengaruh terhadap masa simpan bahan. Produk dengan kadar air yang tinggi akan berpotensi memiliki umur simpan yang lebih rendah karena aktivitas mikroba sehingga mempengaruhi mutu produk. Pengukuran kadar air memperlihatkan tidak adanya perbedaan kadar air antara bubuk kalakai yang dikeringkan dengan *pretreatment* asam jeruk nipis, belimbing wuluh dan kontrol, namun berbeda nyata dengan *pretreatment* asam jawa. Nilai kadar air pada kontrol ((%) kadar air $5,21 \pm 0,14\%$) memiliki nilai paling rendah dibandingkan semua dan nilai kadar air pada *pretreatment* asam jawa ((%) kadar air $8,77 \pm 0,29\%$). Hasil penelitian kadar air memiliki nilai yang berbeda dengan penelitian Lepar *et al.*, (2023) yakni bahwa penambahan bahan perendam asam akan membuat kadar air lebih rendah dibandingkan dengan kontrol. Meski demikian, hasil pengukuran kadar air masih berada pada kriteria kadar air yang disyaratkan SNI 01-3751-2006 yang mengacu pada kadar air pada tepung, yakni memiliki kadar air maksimal 14,5%.

Prinsip pengeringan dengan menggunakan *pretreatment* asam adalah melalui perendaman asam maka akan menurunkan kemampuan menyerap air, serta menyebabkan ikatan hydrogen pada produk melemah dan air tidak budah terikat pada bahan (Asasia, 2018). *Pretreatment* asam juga menyebabkan perubahan pH dan molekul dalam jumlah air yang terikat menjadi lebih lemah dan menurun, reaksi hidrolisis berlangsung lebih cepat dan komponen pada bahan akan lebih cepat dipecah menjadi bagian terkecil. Komponen ini sebagian akan menjadi gugus hidroksil bebas yang dapat mengikat air, dan menyebabkan kemampuan dalam menyerap air menjadi semakin besar, yang terlihat dari proses difusi air selama proses pengeringan. Pengeringan menyebabkan panas yang akan membuat difusi air menjadi lebih besar, sehingga rongga (pori-pori) pada bahan meluas, dan lebih

mudah untuk terjadi pelepasan air pada saat pengeringan. Hal inilah yang menyebabkan kadar air rendah cepat tercapai dan produk cepat menjadi kering.

Meski kadar air pada bubuk daun kalakai telah di bawah standar yang ditetapkan, namun terdapat kecenderungan kadar air pada produk yang dikeringkan dengan *pretreatment* asam memiliki nilai yang lebih tinggi dibandingkan dengan kadar air pada kontrol. Hasil penelitian terkait kadar air berbeda dengan penelitian Lepar (2023), Melidia (2021), Kuyu dan (2018) yang memperlihatkan bahwa penggunaan *pretreatment* asam komersial, yakni *pretreatment* asam sitrat, pada konsentrasi yang berbeda akan menurunkan kadar air sehingga menghasilkan nilai kadar yang lebih rendah dari kontrol. Hasil penelitian memperlihatkan bahwa persentase kadar air kontrol bubuk kalakai memiliki nilai kadar air lebih tinggi dibandingkan kadar air bubuk kalakai dengan *pretreatment* asam. Hal ini karena pada bahan pengasam alami (asam jawa, jeruk nipis dan belimbing wuluh) memiliki kandungan komposisi bahan yang berbeda-beda pada setiap bahan pengasam.

Pretreatment asam ikut berperan pada penentuan kadar air karena bahan pengasam mengandung ion (H^+) yang akan mengikat gugus air selama proses pengeringan berlangsung. Hal ini menyebabkan kadar air pada bubuk kalakai yang dikeringkan dengan *pretreatment* asam akan kehilangan banyak air saat pengeringan (Pomanto *et al.*, 2016). Kandungan asam, khususnya asma sitrat alami pada setiap bahan *pretreatment* asam akan menurunkan kemampuan menyerap air, menyebabkan ikatan hydrogen melemah sehingga air tidak mudah terikat dan terjadi hidrolisis. Melidia (2021) bahwa peningkatan konsentrasi asam akan menurunkan kadar air jika dibandingkan dengan kontrol.

Kadar air yang terlalu tinggi juga dipengaruhi oleh hal-hal lain, seperti kondisi penyimpanan pektin, derajat pengeringan, dan banyaknya molekul air tunggal atau kelompok air yang terikat pada permukaan pektin melalui ikatan hydrogen antar gugus-OH pada molekul molekul pektin dengan atom H dari permukaan air (Pardede, 2013). Pada hasil penelitian memperlihatkan bahwa bubuk kalakai dengan *pretreatment* asam jawa menghasilkan kadar air yang lebih tinggi dibandingkan bubuk kalakai dengan *pretreatment* asam jeruk nipis dan belimbing wuluh, serta kontrol. Latuperisa *et al.*, (2019) dan Kolanika (2018) menjelaskan bahwa pelarut asam yang masih tersisa pada pektin akan mengakibatkan berat ekivalen semakin tinggi, dan berhubungan dengan kekentalan pektin. Hal ini dikemukakan oleh Fitria (2013) bahwa bobot molekul pektin tergantung dari jenis tanaman, kualitas bahan baku, metode ekstraksi dan perlakuan proses ekstraksi.

Kadar pektin belimbing wuluh matang mencapai 5% dari berat kering dan kadar metoksil 5%, kadar galakturonat 55,5% dan derajat esterifikasi 51,2% (Sangalang, 2016). Jeruk nipis memiliki sumber pektin yang baik yakni pada bagian kulit jeruk, yakni diperkirakan 41,33% pada kulit jeruk warna kuning dan 34,66% pada kulit jeruk warna hijau berdasarkan berat kering, dengan kadar metoksil pektin kulit jeruk berkisar antara 5,21%-5,37% (Mangansige *et al.*, 2022). Adapun asam jawa memiliki kadar pektin dalam *pulp* (daging buah) secara umum sekitar 2,5% berat kering. Penelitian Yadav *et al.*, (2018) memperlihatkan bahwa kadar metoksil pada kulit jeruk nipis berkisar 8,23% dan tergolong pada *high methoxyl pectin* yakni pektin dengan kandungan kadar metoksil lebih dari 7% (Purnomo *et al.*, 2018). Rata-rata kadar metoksil pada bahan pengasam yang digunakan pada proses *pretreatment* asam berada pada metoksil rendah (2,5%-7,12%). Belimbing wuluh menghasilkan pektin dengan kadar metoksil sekitar 5%, jeruk nipis memiliki kadar metoksil pektin 5,2% dan asam jawa berkisar pada kadar metoksil pektin 2,5% (Roikah *et al.*, 2016)

3.3. Analisa pH Bubuk Daun Kalakai

Tabel 2. Analisa pH Bubuk Daun Kalakai

Parameter	<i>Pretreatment</i> Asam Jawa	<i>Pretreatment</i> Jeruk Nipis	<i>Pretreatment</i> Belimbing Wuluh	Kontrol
pH	6,76 ± 0,56 ^a	7,55 ± 0,49 ^{ab}	7,11 ± 0,32 ^{ab}	7,66 ± 0,16 ^b

Keterangan : Nilai rata-rata yang ditandai dengan huruf berbeda pada baris yang sama menunjukkan perbedaan yang nyata pada Uji Lanjut Duncan 5%.

pH bahan dipengaruhi oleh Beberapa faktor. Terkait penggunaan *pretreatment* asam, maka lamanya waktu perendaman akan sangat berdampak pada pH produk. Selain itu, faktor jenis larutan asam yang digunakan dan temperatur pengeringan, komponen penyusun bahan utama juga sangat mempengaruhi kadar pH produk. Penentu sifat keasaman pada bubuk kalakai juga dipengaruhi oleh asam asetat, asam format, asam polifenol serta gugus asetil dan hemiselulosa pada daun kalakai serta komposisi bahan pengasam. Lepar *et al.*, (2023) menjelaskan bahwa perbedaan derajat keasaman (pH) dipengaruhi oleh konsentrasi dan jenis bahan pengasam.

Preteratment asam pada penelitian ini menggunakan metode perendaman bahan (kalakai) dengan bahan pengasam alami. Perendaman dengan asam akan menurunkan pH pada produk karena proses perendaman tersebut membuat bahan pengasam akan terurai di dalam air, melepaskan ion H⁺, dan adanya ion-ion H⁺ pada larutan ini akan menyebabkan keasaman larutan meningkat dan nilai pH semakin menurun (Lepar, 2023). Bahan pengasam yang terurai di dalam air tersebut akan diserap oleh bahan (kalakai). Proses perendaman ini menyebabkan ion-ion asam terdifusi di dalam jaringan bahan (kalakai) dan mengakibatkan bahan yang dikeringkan menjadi bentuk bubuk akan memiliki pH yang lebih rendah dibandingkan dengan kontrol (Hutasoit, 2017).

Selama proses pengeringan, gugus asetil akan terdegradasi membentuk asam bebas pada pemanasan yang dilakukan pada suhu <100 °C. Kandungan senyawa asam dan konsentrasi yang diberikan pada proses *pretreatment* asam akan berpengaruh pada pH produk yang dihasilkan. Pada penelitian ini, kandungan jenis asam pada masing-masing bahan alami yang digunakan sangat beragam, yakni belimbing wuluh, asam sitrat dan jeruk nipis. Kadar pH akan semakin meningkat dengan meningkatnya konsentrasi asam yang digunakan sebelum proses pengeringan berlangsung (Fajarwati *et al.*, 2017). Sejalan dengan penelitian yang dilakukan Meriatna *et al.* (2015), semakin tinggi konsentrasi asam dan temperatur pengeringan maka semakin rendah pula kadar pH yang diperoleh.

Hasil penelitian memperlihatkan bahwa pH bubuk kalakai dengan *pretreatment* asam memiliki nilai lebih rendah dibandingkan pH kontrol (7,66±0,16). Semakin banyak konsentrasi *pretreatment* asam yang ditambahkan maka akan menyebabkan pH bubuk kalakai akan semakin rendah (Prunomo *et al.*, 2018). Penambahan senyawa asam jeruk nipis, belimbing wuluh dan asam jawa sebagai bahan *pretreatment* asam melalui proses perendaman akan menyebabkan molekul asam pada bahan terdifusi ke dalam jaringan bahan (Melidia, 2021). Hal ini menyebabkan terjadinya penurunan pH karena terbenturnya asam-asam dari reaksi metabolik dalam jaringan (Winowo *et al.*, 2017).

Kadar pH pada *pretreatment* asam jawa (pH 6,76 ± 0,56) memiliki nilai pH cenderung paling rendah dibandingkan pH bubuk kalakai dengan *pretreatment* asam lainnya yakni belimbing wuluh dan jeruk nipis. Berdasarkan riset yang dilakukan oleh Purnomo *et al.* (2018), asam jawa memiliki kandungan beberapa asam organik yakni asam tartat, asam askorbat, asam oksalat, asam suksinat, asam sitrat dan asam quinic. Salah satu jenis asam organik yang paling dominan pada asam jawa yakni asam tartarat dengan presentase 8-16% dan pH yang terkandung dalam asam jawa terbilang sangat rendah yaitu 2,5. Asam organik yang terkandung dalam belimbing wuluh terdiri dari asam

oksalat, asam askorbat, dan asam sitrat (Cahyani, 2011). Asam organik yang paling dominan pada belimbing wuluh yakni asam sitrat dan kadar pH yang terkandung yakni 2-4 (Wikanta, 2011). Adapun jeruk nipis mengandung sejumlah asam, yakni kandungan terbesar adalah asam sitrat dan asam askorbat.

Ketiga jenis *pretreatment* asam, yakni asam jawa, jeruk nipis dan belimbing wuluh memiliki kesamaan yakni kandungan asam sitrat pada masing-masing bahan pengasam. Asam sitrat yang terdapat pada bahan *pretreatment* asam didapat dari tiga gugus karboksil (COOH) yang dapat melepas proton (H^+) dalam larutan. Adapun bubuk kalakai kontrol tanpa perendaman asam memiliki nilai pH mendekati netral ($7,66 \pm 0,16$). Lepar *et al* (2023) menjelaskan bahwa asam sitrat memberikan rasa asam dan menurunkan pH karena terdapat tiga gugus karboksil (COOH) yang pada saat berada di larutan bahan akan melepaskan proton (H^+). Mekanismenya adalah gugus ini dapat mengion dalam larutan dan menghasilkan ion karboksilat serta proton. Hasil dari proses tersebut membuat asam sitrat yang terkandung dalam bahan pangan akan menurunkan pH produk (Shodiq, 2016).

3.4. Rendemen Bubuk Daun Kalakai

Tabel 3. Analisa Rendemen Bubuk Daun Kalakai

Parameter	<i>Pretreatment</i> Asam Jawa	<i>Pretreatment</i> Jeruk Nipis	<i>Pretreatment</i> Belimbing Wuluh	Kontrol
Rendemen (%)	$10,31 \pm 0,23^a$	$9,55 \pm 0,18^b$	$10,83 \pm 0,04^c$	$11,34 \pm 0,21^d$

Keterangan : Nilai rata-rata yang ditandai dengan huruf berbeda pada baris yang sama menunjukkan perbedaan yang nyata pada Uji Lanjut Duncan 5%.

Rendemen merupakan salah satu parameter yang penting dinilai dalam proses pengeringan. Pengukuran rendemen dilakukan setelah proses pengeringan pada suhu $50^{\circ}C$ hingga dicapai kadar air kurang dari 10%, yakni dengan cara produk diayak dan ditimbang. Pertiwi *et al.*, (2018) menjelaskan bahwa tingkat efisiensi perlakuan apabila mampu menghasilkan rendemen yang lebih besar. Nilai rendemen dipengaruhi salah satunya oleh jenis dan konsentrasi larutan *pretreatment* asam, serta lamanya waktu yang digunakan pada saat perendaman. Hal ini terdapat hubungan antara konsentrasi larutan *pretreatment* asam dengan pH, karena semakin tinggi konsentrasi larutan asam maka akan menyebabkan larutan perendam semakin asam sehingga ion H^+ yang menghidrolisis dari rantai kompleks menjadi rantai tunggal menjadi lebih banyak. Perendaman akan menyebabkan produk menjadi menyebabkan produk menjadi lebih lunak (Puspawati *et al.*, 2015).

Hal ini didukung oleh penelitian Lalu *et al.*, (2023) menjelaskan bahwa perendaman akan menyebabkan rusaknya dinding sel bahan pangan, sehingga pori-pori sel jaringan akan terbuka dan mempercepat waktu pengeringan. Dalam hal ini, kadar air akhir yang dihasilkan pada proses pengeringan ikut andil dalam memberikan hasil rendemen bubuk kalakai. Lisa *et al.*, (2015) menjelaskan bahwa pengaruh kadar air terhadap rendemen adalah bahwa produk yang memiliki kadar air rendah cenderung memiliki tekstur yang keras. Hal ini membuat produk cenderung susah untuk dihancurkan, dan pada saat dilakukan penghancuran partikel menjadi bagian lebih halus dengan cara diblender dan diayak, akan banyak dihasilkan partikel berukuran besar saat penggilingan. Partikel-partikel besar itulah yang membuat tidak lolos penyaringan sehingga kadar persentase rendemen yang dihasilkan menjadi lebih rendah.

Perbedaan komposisi bahan pengasam dan jenis produk yang diteliti ikut mempengaruhi banyak sedikitnya rendemen yang dihasilkan. Hasil pada penelitian agak berbeda dengan penelitian Hasan dan Dwijayanti (2022) yang meneliti kandungan ekstrak limbah tulang ikan bandeng yang direndam dengan asam sitrat memperlihatkan bahwa semakin tinggi konsentrasi asam maka akan semakin banyak rendemen yang dihasilkan. Hal ini karena pengikatan mineral (khususnya kalsium

pada produk) sehingga memecah beberapa ikatan yakni ikatan kolagen, ikatan hidrofobik, ikatan ionic dan ikatan Van der Waals yang terbentuk pada rantai polipeptida dan terbuka ikatan molekul (Winarno 2008). Perbedaan jenis pengasam, yakni penggunaan *pretreatment* asam komersial dan alami turut mempengaruhi hasil rendemen pada produk akhir. Selain itu, proses pengolahan juga berpengaruh terhadap rendemen yang dihasilkan.

Pada penelitian ini jenis metode pengolahan adalah pengeringan, dan proses perendaman *pretreatment* asam yang digunakan adalah asam alami dari buah, dengan perendaman selama 5 menit pada konsentrasi 0,5%. Hasil memperlihatkan bahwa proses dan metode yang digunakan diperkirakan memiliki dampak yang pada kandungan mineral dan rendemen bahan. Selain terdapat sumbangan kadar mineral pada beberapa jenis bahan pengasam, hal ini juga memberikan efek yang dapat menurunkan kadar mineral akibat kandungan pektin di dalam bahan pengasam. Terdapat pendugaan hubungan antara pH bahan pengasam, kandungan pektin, lama perendaman *pretreatment* asam terhadap rendemen yang dihasilkan. Hal ini dikemukakan oleh Tampubolon (2010) bahwa pektin yang diekstraksi terlalu lama akan berubah menjadi mineral sehingga rendemen menjadi turun. Apabila dilihat pada hasil penelitian, kandungan mineral memiliki kecenderungan persentase rendemen yang lebih rendah jika dibandingkan dengan kontrol.

Pada hasil terlihat bahwa setiap perlakuan *pretreatment* asam akan memberikan hasil yang berbeda terhadap persentase rendemen. *Pretreatment* menggunakan jeruk nipis menghasilkan rendemen paling rendah. Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Pomanto *et al.* (2016), bahwa tingkat kereaktifan jeruk nipis lebih tinggi dibandingkan dengan asam lainnya di mana asam sitrat yang terkandung di dalam jeruk nipis lebih banyak mengikat komponen mineral dibanding asam dari belimbing wuluh. Ion H^+ pada jeruk nipis banyak mengikat gugus air sehingga rendemen yang dihasilkan sangatlah rendah.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Hartono *et al.* (2013), rendemen yang diperoleh akibat penggunaan larutan asam tartarat pada bunga telang diperoleh hasil bahwa seiring meningkatnya konsentrasi asam tartarat maka semakin meningkat pula rendemen yang diperoleh. Hal ini serupa dengan peran asam tartarat yang terkandung pada asam jawa di mana rendemen yang dihasilkan lebih tinggi 0,76% dibandingkan dengan *pretreatment* menggunakan asam jeruk nipis. Penggunaan senyawa asam menyebabkan ion H^+ akan berikatan dengan gugus OH^- sehingga senyawa yang bersifat polar tertarik keluar oleh vakuola sel dan memicu terjadinya peningkatan total rendemen produk. Seiring dengan lama waktu pengeringan maka rendemen yang dihasilkan akan semakin berkurang sebab dengan menguapnya kadar air total bobot bahan yang diperoleh juga semakin susut.

3.5. Kadar Mineral : Kalsium, Fosfor dan Zat Besi Bubuk Daun Kelakai

Tabel 4. Kadar Mineral (Kalsium, Fosfor dan Zat Besi) Bubuk Daun Kelakai

Parameter	<i>Pretreatment</i> Asam Jawa	<i>Pretreatment</i> Jeruk Nipis	<i>Pretreatment</i> Belimbing Wuluh	Kontrol
Kalsium (Ca) (%)	0,83 ± 0,0018 ^a	0,47 ± 0,00 ^b	0,37 ± 0,00 ^c	0,33 ± 0,00 ^d
Fosfor (F) (%)	0,76 ± 0,0070 ^a	0,67 ± 0,00 ^b	0,79 ± 0,00 ^c	0,49 ± 0,00 ^d
Zat Besi (Fe) (%)	0,02 ± 0,0001 ^a	0,02 ± 0,00 ^b	0,01 ± 0,00 ^c	0,012 ± 0,00 ^d

Keterangan : Nilai rata-rata yang ditandai dengan huruf berbeda pada baris yang sama menunjukkan perbedaan yang nyata pada Uji Lanjut Duncan 5%.

Pretreatment belimbing wuluh mampu menurunkan kadar kalsium pada bubuk kalakai lebih rendah dibanding *pretreatment* dengan jeruk nipis. Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Wardani *et al.* (2019), konsentrasi asam dari belimbing wuluh yang digunakan untuk

perendaman umbi dan bubuk porang dapat menurunkan kadar kalsium (kalsium oksalat) sebab kalsium oksalat yang morfologinya berbentuk seperti jarum berkurang seiring meningkatnya konsentrasi belimbing wuluh. Ditunjukkan bahwa *pretreatment* dengan jeruk nipis mampu meningkatkan kadar zat besi. Hal ini tidak terlepas dari peran asam sitrat maupun asam askorbat di dalamnya. Asam askorbat mampu meningkatkan penyerapan Fe karena perannya sebagai *enhancer* mampu mereduksi feri menjadi fero (ferro-askorbat). Senyawa asam tersebut meningkatkan penyerapan Fe dengan cara menambahkan elektron pada Fe^{3+} sehingga menghasilkan Fe^{2+} agar mudah untuk diadsorpsi (Wijiindiyah *et al.*, 2012).

Kandungan mineral khususnya kalsium, fosfor dan zat besi pada bubuk daun kalakai berhubungan dengan kadar abu yang ada di dalamnya. Hal ini seperti dijelaskan oleh Roikah *et al.*, (2016) bahwa kalsium, fosfor dan zat besi merupakan mineral sebagai komponen abu. Semakin tinggi kandungan kalsium, fosfor dan zat besi pada bubuk kalakai maka semakin banyak kadar abu pada bahan. Kadar abu juga berhubungan dengan kandungan mineral pada bahan pengasam, serta kandungan pektin pada masing-masing bahan pengasam, yakni jeruk nipis, belimbing wuluh dan asam jawa. Proses pengeringan yang menyebabkan terjadinya kenaikan suhu akan mempercepat hidrolisis protopektin menjadi pectin yang banyak mengendap, sehingga terjadi perubahan kondisi ion kalsium, fosfor dan zat besi oleh ion hydrogen. Hal yang perlu diperhatikan terkait komposisi mineral dan kadar abu adalah tingkat kematangan bahan pengasam. Bahan pengasam yang sudah agak matang maka kandungan protopektinnya akan lebih sedikit karena sudah berubah menjadi pectin secara alami, sehinggakandungan kalsium, fosfor dan zat besi di dalam pectin tidak akan banyak memberikan pengaruh yang berarti. Tingkat kematangan bahan pengasam juga akan berhubungan dengan derajat pH yang dihasilkan sebagai *pretreatment* asam.

Lepar *et al.*, (2023) pada penelitian pengeringan pengaruh konsentrasi asam sitrat terhadap sifat fisik dan kimia tepung kentang ikut mendukung bahwa penurunan mineral pada produk yang diturunkan cenderung drastis karena senyawa asam akan melarutkan Beberapa mineral menjadi senyawa yang mudah terbuang. Hal ini karena senyawa asam memiliki pH rendah sehingga selama proses perendaman akan mengubah mineral menjadi bentuk terlarut dan meningkatkan laju difusi keluar jaringan.

4. KESIMPULAN

Hasil memperlihatkan bahwa pengeringan dengan *pretreatment* jeruk nipis memiliki waktu pengeringan paling cepat (5,3 jam). Pretreatment asam memberikan perbedaan pada analisa fisik pH dan rendemen serta analisa kimia yakni proksimat dan mineral (taraf signifikan 0,5%). Secara umum hasil terbaik didapat pada perlakuan dengan pretreatment asam jeruk nipis.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini didandai melalui kegiatan penelitian Hibah Penelitian Dosen Pemula Tahun Anggaran 2022. Ucapan terima kasih kami ucapkan kepada Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset Dan Teknologi Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Riset, Dan Teknologi atas pendanaan penelitian ini, serta LPPM Universitas Antakusuma yang telah memfasilitasi dan membantu kegiatan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Abduljabbar, I.A. dan K.S. Ahmed. (2023). Effect of Drying Methods and Soaking of Ascorbic Acid on The Chemical Content and Specific Qualities of Oil in Lemongrass Leaves *Cymbopogon Citratus* L. *Revista Bionatura*. 8 (2) : 1-9.
- Alam, M., Rawat, M., Kaur, S., Dar, B. N., & Nanda, V. (2024). Transformation of quality attributes of fruit leathers using diverse hydrocolloids: recent application and future perspective. *Journal of Food Process Engineering*. 47(11).
- Ananingsih, V.K, G. Arsanti, R. P.Y. Nugrahedi. (2017). Pengaruh Pra Perlakuan Terhadap Kualitas Kunyit yang Dikeringkan dengan Menggunakan Solar Tunnel Dryer . *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia (JIPI)*. 22 (2): 79–86
- Bai, J.W., L. Zhang, J.H. Aheto, J.R. Cai, Y.C.Wang, L. Sun, Z.Y Tian. (2023). Effect of Different Pretreatment Methods on Drying Kinetics, Three-Dimensional Deformation, Quality Characteristics and Microstructure of Dried Apple Slices. *Innovative Food Science & Emerging Technologies* 83
- Bhaskar B. & Shantaram, M. (2013). Morphological and Biochemical Characteristics of Averrhoa Fruits. *International Journal of Pharmaceutical, Chemical and Biological Sciences*. 3(3):924-928.
- Chotimah, H., A. Wijinindyah, J. Selvia. (2024). Pengaruh Waktu Dan Suhu Penyeduhan Terhadap Kadar Kalsium (Ca) Teh Daun Kelakai (*Stenochlarna Palutris*) Dengan Treatment Asam Lemon (*Citrus Limon*). *Jurnal Tengkawang*. 14 (1) : 41-55.
- Diana, E., A. Muarif, I.Ibrahim, Meratna Z. Ginting. (2023). Pengaruh Suhu Dan Waktu Ekstraksi Terhadap Kualitas Pektin Dari Limbah Kulit Pepaya. *J Pendidik. Teknol. Pertan*. 3 : 158–164.
- Effendi, Z., Elekrika, F., Surawan, dan Winarto. (2015). Effect of blanching and drying methods on physicochemical properties of orange sweet potato flour (*Ipomoea batatas* L.). *Jurnal Agroindustri*. 5(2): 109– 117.
- Fadhillah, A , Marwati, S.Prabowo, Y. Andriyani, AS Pujokaroni. (2018). Mutu Pasta Asam Jawa (*Tamarindus indica* L.) dengan CMC (Carboxymethyl Cellulose) sebagai Bahan Pengental .TEKNOTAN. 18 (1) : 65-70.
- Fauziyyah,P., N. L. A. Yusasrini, L.PT. Darmayanti. 2017. Pengaruh Konsentrasi Larutan Asam Asetat dan Lama Perendaman terhadap Karakteristik Gelatin Kulit Ikan Mahi-Mahi (*Coryphaena hippurus*). *Jurnal Ilmiah Teknologi Pertanian AGROTECHNO*. 2 (2): 248-257
- Fitria, V. (2013). Karakterisasi Pektin Hasil Ekstraksi dari Limbah Kulit Pisang Kepok (*Musa balbisiana* ABB). Skripsi. Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah
- Gawli, P., Sarpotdar, S., Nair, S., & Jadhav,V. 2021. A review on recent advances on ethno-medical plant:averrhoa bilimbi. *Journal of Advanced Scientific Research*. 12(03 Suppl 1): 1-9.
- Hartono, M., A., Purwijatiningsih, L., M., E., Pranata, S. (2013). Pemanfaatan Ekstrak Bunga Telang (*Clitoria ternatea* L.) sebagai Pewarna Alami Es Lilin. *Jurnal Biologi*.
- Hasan, T dan E. Dwijayanti (2022). Kandungan Gelatin Ekstrak Limbah Tulang Ikan Bandeng (*Chanos chanos*) dengan Variasi Konsentrasi Asam Sitrat. *Jurnal Sains dan Edukasi Sains*. 5 (1) : 38-43.
- Hutasoit, M. S. (2017). Pengaruh Perendaman Dalam Asam Sitrat Dan Blanching Terhadap Mutu Fisik, Kimia Dan Fungsional Tepung Ubi Jalar Ungu Dan Aplikasinya Dalam Pembuatan Cake. Tesis. Universitas Sumatera Utara. Medan
- I. A. Ramli, S. Fadhillah, M.A., M Marwati, S. Prabowo, Y. Andriyani, A. Sholeh. (2024). Mutu Pasta Asam Jawa (*Tamarindus indica* L) dengan CMC (Carboxymethyl Cellulose) sebagai Bahan Pengental. *Jurnal Industri Teknologi Pertanian*. 18 (1).
- I.Y, O R Puspitarini, I.D. Retnaningtyas. 2017.Pengaruh Berbagai Konsentrasi Asam Jawa Terhadap Kadar Air, WHC (*Water Holding Capacity*), dan Keempukan Pada Daging Ayam Petelur Afkir *Jurnal Peternakan Loka*. 5(2). Pandiangan, F. I., E.A.Oslo, Josephine, R.N. Anwar. (2022). A Review On The Health Benefits Of Kalakai (*Stenochlaena Palustris*). *J. Functional Food & Nutraceutica*. 4(1):1-16
- Indrayanti, A. L., Hidayati, N., & Hanafi, N. (2016). Studi Kasus Analisis Pendapatan Usaha Keripik Kalakai Imur di Kota Palangka Raya. Daun. *Jurnal Ilmiah Pertanian Dan Kehutanan*. 3(1): 1–6.

- Kolanika, J. (2018). Optimasi Ekstraksi Pektin Dari Kulit Jeruk Manis (*Citrus sinensis*) Dengan Metode Microwave Assisted Extraction (MAE) Terhadap Total Pektin Dan Tingkat Kecerahan Pektin. Skripsi. Universitas Brawijaya, Malang
- Kuyu, C., Tola, Y., Mohammed, A., dan Ramaswamy., H. (2018). Determination of Citric Acid Pretreatment Effect Of Nutrient Content, Bioactive Components, And Total Antioxidant Capacity Of Dried Sweet Potato Flour. *Journal of Food Science And Nutrition*. 6(6): 1- 10.
- Lalu, N., S. Une, Y.Bait. (2023). Pengaruh Waktu Perendaman Asam Sitrat Terhadap Peningkatan Kualitas Fisik Tepung Pisang Kepok (*Musa Paradisiaca*) Di Umkm Miss Putungo. *Jambura Journal of Food Technology* . 5 (2) : 195-205.
- Latupeirissa, J., Eirene G., Fransina. Matheis F. J. D. P. Tanasale., & Chudeya Y.B. (2019). Ekstraksi Dan Karakterisasi Pektin Kulit Jeruk Manis Kisar (*Citrus Sp.*). *Indonesian Journal Chemical Res.* 7(1): 61-68.
- Lepar, D.M., Y.Y.E. Oessoe, M. Fransisca. (2023). Pengaruh Konsentrasi Asam Sitrat Terhadap Sifat Fisik Dan Kimia Tepung Kentang (*Solanum tuberosum L.*). *Jurnal Teknologi Pertanian*. 14 (2) : 99-109.
- Lisa, M., M. Luthfi dan B. Susilo. (2015). Pengaruh suhu dan lama waktu pengeringan terhadap mutu tepung jamur tiram putih. *Jurnal Keteknikan Pertanian Tropis dan Biosistem*. 3(3): 270-279.
- Mahmudin. (2024). Analisis Pengaruh Waktu dan Suhu Pengeringan Terhadap Karakteristik Fisikokimia Tepung Buah Nipah (*Nypa Fruticans*). *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pertanian*. 4 (1) : 81-92
- Mangansige, M., T.D.J. Tuju, C.F. Mamuaja. (2022). Pectin Extraction From The Skin Of Lime (*Citrus aurantifolia*) With Variety Of Orange Skin Color. *Jurnal Agroekoteknologi Terapan*. 3(2):356-361
- Manshar, H.M., Sukmawati A.D, Dali, Ysrafil, Ismail, Ahmad S. (2022). Edukasi Potensi Kalakai Sebagai Obat Tradisional Antibakteri. *Jurnal Mandala engabdian Masyarakat*. 3(2): 72-79.
- Margono, D. P. N. H., Suhartono, E., & Arwati, H. (2016). Pengaruh Ekstrak Kelakai (*Stenochlaena palustris* (Burm.f) Bedd) Terhadap Kadar Interleukin-10 (IL-10) Mencit. *Medical Laboratory Technology Journal*. 2(1).
- Mashar, H. M., & Annah, I. (2020). Cytotoxicity of Kelakai (*Stenochlaena palustris*) Extract to MCF-7 Breast Cancer Cell. *Jurnal Fitofarmaka Indonesia*. 7(3): 5–9.
- Melidia. (2021). Pengaruh Konsentrasi Asam Sitrat terhadap Sifat Fisikokimia pada Tepung Umbi Suweg (*Amorphophallus campanulatus*). [Skripsi]. Fakultas Pertanian. Universitas Jambi. Jambi
- Melidia. (2021). Pengaruh Konsentrasi Asam Sitrat terhadap Sifat Fisikokimia pada Tepung Umbi Suweg (*Amorphophallus campanulatus*). [Skripsi]. Fakultas Pertanian. Universitas Jambi. Jambi
- Meriatna., Maulinda., L., Khalil., M., Zulmiardi. (2015). Pengaruh Temperatur Pengeringan dan Konsentrasi Asam Sitrat pada Pembuatan Silika Gel dari Sekam Padi. *Jurnal Teknologi Kimia*. 4(1):78-88.
- Natal, A., F. Yuliana, F.N. Anisa. 2023. Nungget Kalakai (*Stenochlaena Palutris*) Untuk Perbaikan Gizi Balita Underweight Wilayah Puskesmas Bentot Kabupaten Barito Timur. *Health Research Journal of Indonesia*. 2(2):145-149
- Pardede, A., D.Ratnawati & A.Martono. (2013). Ekstraksi dan Karakterisasi Pektin dari Kulit Kemiri (*Alleurites mollucana willd*). *Media Sains*. 5(1): 66-71.
- Patil, A.G., Patil, D.A., Phatak, A.V. and Chandra, N. (2010). Physical And Chemical Characteristics Of Carambola (*Averrhoa carambola L*) Fruit at Three Stages Of Maturity. *International Journal of Applied Biology and Pharmaceutical Technology*. 1(2): 624-629.
- Pertiwi, M., Y. Atma, A.Z Mustopa, R. Maisarah.(2018). Karakteristik Fisik dan Kimia Gelatin dari Tulang Ikan Patin dengan PreTreatment Asam Sitrat. *Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan*. 7 (2) : 83-91.
- Pomanto RM, Dali FA, Mile L.(2016). Pengaruh Larutan Asam Alami terhadap Mutu Kimiawi Bubuk Ikan Manggapai. *Jurnal Ilmiah Perikanan dan Kelautan*. 4(3): 75-80.
- Prasetyo, AB, BIM Tampoebolon, dan LK Nuswa (2022). Kandungan Serat Kasar, Kecernaan Serat Kasar, dan Fermentabilitas Bonggol Singkong yang Difermentasi Menggunakan *Aspergillus niger*. *Jurnal Agripet*. 22(2) : 204-212.

- Purnomo, L., S.Surjoseputroa, S. Setijawatia. (2018). Pengaruh Konsentrasi Asam Jawa (*Tamarindus Indica* L.) Terhadap Sifat Fisikokimia Dan Organoleptik Leather Pulp Kulit Pisang Kepok-Asam Jawa. *Jurnal Teknologi Pangan dan Gizi*. 17 (1): 51-57.
- Purnomo, L., Surjoseputro, S., Setijawati, E.)(2018. Pengaruh Konsentrasi Asam Jawa (*Tamarindus indica* L.) terhadap Sifat Fisikokimia dan Organoleptik Leather Pulp Kulit Pisang Kepok-Asam Jawa. *Jurnal Teknologi Pangan dan Gizi*. Surabaya. 17 (1) : 51-57.
- Puspitawati, M., I.A.GWidihati, I. N. Widiani. (2017). Komposisi Asam Amino Dan Pola Pita Protein Gelatin Halal Dari Kulit Ayam Broiler. *Jurnal Kimia*. 11 (1) : 36-42
- Roikah, S., W.D.P. Rengga, Latifah dan E.kusumawati. (2016). Ekstraksi dan Karakterisasi Pektin Dari Belimbing Wuluh (*Averrhoa Bilimbi*,L). *Jurnal Bahan Alam Terbarukan*. 5 (1) :29-36
- Rosalina, Y., Susanti, L., & Karo, S. B. 2017. Kajian Ekstraksi Pektin Dari Limbah Jeruk Rimau Gerga Lebong (Jeruk Rgl) dan Jeruk Kalamansi. *Jurnal Agrointek*. 11(2) : 68-74.
- Safitri, I., Irmayadani, I., Sunartaty, R.,Rahmiati, T. M., Muhardina, V., &Sari, P. M. (2023). Pengaruhpenambahan bubur kulit jeruk manis (*Citrus sinensis*, l) dan suhu pengeringterhadap karakteristik fisiko-kimia fruitleather terong belanda (*Solanumbetaceum* cav.). *Serambi Journal of Agricultural Technology*. 5(2): 142-152.
- Sangalang, R. H. (2016). Effect of different extraction conditions on the yield of pectin extracted from bilimbi (*Averrhoa bilimbi*). *International Research Journal on Innovations in Engineering, Science and Technology* 2: 01–06.
- Santoso, C., Surti, T., Sumardianto. (2015). Perbedaan Penggunaan Konsentrasi Larutan Asam Sitrat dalam Pembuatan Gelatin Tulang Rawan Ikan Pari Mondol (*Himantura gerarri*). *Jurnal Pengolahan dan Bioteknologi Hasil Perikanan*. 4(2):106-114.
- Shada,R., E. Hafizah dan Sauqina. (2022). Pengaruh Penambahan Filler Kalakai (*Stenochlaena Palustris*) Terhadap Kandungan Protein Dan Serat Dari Nugget Ayam. *JUSTER: Jurnal Sains dan Terapan*. 1 (3) : 40-56.
- Shodiq, M. H. (2016). Pengaruh Konsentrasi Asam Sitrat dan Suhu Pengeringan terhadap Sifat Fisik-Kimia Tepung Kulit Pisang (*Musa paradisiaca*). [Skripsi]. FTP Universitas Brawijaya. Malang.
- Sulistiani, Q.N dan D. Taggasari, Analisis Uji Fsik dan Kimia Daun Sirsak (*Annona muritica* L.) yang Dikeringkan dengsn Suhu Berbeda Mnegunakan Mesin Tray Drier. *Jurnal Teknologi dan Mutu Pangan*. 2(2) : 126-138.
- Sun, Y, Y. Liu,J.L.S. Yan. (2023). Acetic Acid Immersion Alleviates the Softening of Cooked *Sagittaria sagittifolia* L. Slices by Affecting Cell Wall Polysaccharides. *Open Acces Journal*. 12 (3)
- Utami, C.R. dan A. Fitriani. (2025). 6035Pengaruh suhu pengeringan dan fortifikasi sari belimbing wuluh (*Averrhoa bilimbi*) terhadap karakteristik fruit leather buah carica (*Pubescens lenne*). *TEKNOLOGI PANGAN: Media Informasi dan Komunikasi Ilmiah Teknologi Pertanian*. 16 (1) : 80-92.
- Wardani, R., K., Handrianto, P. 2019. Pengaruh Perendaman Umbi dan Tepung Porang Dalam Sari Buah Belimbing Wuluh terhadap Sifat Fisik dan Kadar Kalsium Oksalat. *Jurnal Farmasi dan Sains*. 4(2):105-109.
- Wibowo, C., Erminawati, Pepita H., dan Rumpoko W. (2017). Pengaruh Perlakuan Pendahuluan Terhadap Karakteristik Tepung yang Dihasilkan dari Umbi Kentang Varietas Granola. Purwokerto, 17-18 November 2017.
- Wijiniindyah, A., J. Selvia, H.Chotimah, S.E.L. Gaol. (2022). Potensi Tpeung Daun Kalakai (*Stenochlaena Palustris* (Burn F) Bedd) *Pretreatment* Asam Sebagai Pencegah *Stunting*. *Amerta Nutrition*. 6 (1) : 275-282.
- Wikanta. (2011). Pengaruh Penambahan Belimbing Wuluh wuluh (*averrhoan bilimbi* L) dan perebusan terhadap kadar residu formalin dan profil protein udang putih (*Letapenaeus vannamel0* BERFORMALIN serta pemanfaatannya sebagai sumber Pendidikan Gizi dan Keamanan Pangan pada Masyarakat. *Ilmu Kesehatan*.1(1):76-84.
- Winarno, F. G. (2008). Kimia pangan dan gizi. PT. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta
- Yamin, M. D.F. Ayu dan F. Hamzah. (2017). Lama Pengeringan Terhadap Aktivitas Antioksidan Dan Mutu Teh Herbal Daun Ketepeng Cina (*Cassia alata* L.).Jom FAPERTA. 4 (2).
- Yanto, and Jamaluddin. (2017). Laju Pengeringan Gabah Menggunakan Pengering Tipe Efek Rumah Kaca *Chemical Engineering Journal Storage* 3:3 (Juni 2023) 351-361