

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang dan Masalah

Provinsi Lampung saat ini masih menjadi salah satu sentra penghasil ubi kayu terbesar di Tanah Air. Pada periode 2018-2022, sentra produksi ubi kayu terdapat di tujuh provinsi di Indonesia. Provinsi sentra utama adalah Lampung dengan kontribusi sebesar 39,74% dari total produksi ubi kayu Indonesia atau sebanyak 5,95 juta ton di tahun 2022. Hal tersebut merupakan sebuah potensi yang harus terus dijaga kestabilannya. Ubi kayu juga telah berkembang ditengah masyarakat sejak ratusan tahun lalu untuk memenuhi kebutuhan hidup karena ubi kayu merupakan salah satu sumber karbohidrat dan dapat bermanfaat sebagai bahan makanan pengganti beras dan di beberapa daerah tanaman ini dianggap sebagai makanan pokok (Saïda, 2023).

Patı adalah bahan yang paling banyak dan cukup luas untuk dapat ditemukan di alam sebagai karbohidrat cadangan pada tanaman. Tempat penyimpanan patı pada tanaman terdapat pada bagian akar, umbi, biji, buah, dan batang tanaman. Simpanan cadangan patı tersebut pada umumnya berbentuk granula-granula kecil yang tidak larut dalam air. Pada ubi kayu, patı terdapat pada bagian akar tanaman. Dalam kehidupan sehari-hari manusia, patı juga dimanfaatkan sebagai bahan baku industri, farmasi, kecantikan, dan bahan pangan (Wiraputra *et al.*, 2019). Adapun beberapa hasil dari olahan patı seperti tapioka, sagu, terigu dan sebagainya. Di Provinsi Lampung, produksi ubi kayu yang berlimpah sebagian besar hasilnya digunakan sebagai bahan baku industri tapioka. Industri tapioka itu sendiri merupakan industri dengan skala besar yang paling berkembang di Provinsi Lampung.

Terlepas dari berbagai manfaat dan keunggulan yang dimiliki, disisi lain patı alami juga memiliki kelemahan sebagai bahan baku industri yaitu karakteristiknya, mulai dari viskositas, ketahanan, dan kelarutan nya. Oleh karena itu, hal tersebut menjadi sebuah dorongan bagi para pelaku industri dan peneliti

untuk dapat mengembangkan aplikasi pati dalam pemanfaatan dan pengolahannya pada dunia industri untuk meningkatkan nilai tambah dan ketahanan masa simpan dari pati alami tersebut. Salah satu pengembangan yang dilakukan adalah dengan memodifikasi pati alami tersebut dengan menggunakan alat *Ultrasonic Probe*

Starch Nanoparticle adalah partikel berbentuk nanometer yang berasal dari pati alami atau pati termodifikasi. Salah satu sumber pati alami umumnya banyak ditemukan pada tanaman ubi kayu. Ubi kayu tergolong polisakarida yang mengandung pati yang terdiri dari banyak *blockest* semikristalin berukuran nano sehingga cocok untuk diubah kedalam bentuk nanopartikel. Selain itu, ubi kayu juga memiliki sifat yang sangat fleksibel dan cenderung mudah diproses untuk diubah bentuknya. Modifikasi pati alami kedalam bentuk nanopartikel dilakukan untuk memperbaiki atau merubah karakteristik dari pati alami itu sendiri sehingga memiliki viskositas suspensi yang rendah pada konsentrasi yang relatif tinggi, selain itu luas permukaan aktif yang besar pada nanopartikel dapat menimbulkan kekuatan pengikatan yang tinggi pada hasil modifikasi pati yang dilakukan.

Penelitian ini sebelumnya sudah dilakukan dengan metode ultrasonikasi, dan hasil dari perlakuan waktu sonikasi 30, 60, dan 90 menit dan variasi suspensi 1-3%. Pada variasi suspensi yang dilakukan mendapatkan variasi optimal pada konsentrasi larutan 3 % ukuran rata-rata partikel akhir suspensi sebesar 429,60 nm perlakuan sonikasi hanya 1 siklus (Hidayat *et al.*, n.d.). Penelitian sebelumnya sudah dilakukan dengan metode yang sama serta waktu sonikasi, variasi suspensi, dan pengoptimalisasian yang sama dan mendapatkan hasil terbaik pada perlakuan suhu 4°C dengan waktu 30 menit sebanyak 2 siklus dengan rata rata ukuran partikel sebesar 163,34 nm. Namun hasil dari kedua penelitian ini masih berbentuk suspensi. Oleh karena itu dilanjutkan penelitian dengan objek yang sama namun dengan menambahkan metode hingga mendapatkan hasil yang berbeda. Pada penelitian ini, peneliti melakukan modifikasi pati menggunakan *ultrasonic probe* berbahan dasar tapioka dengan metode pengering berupa *food dehydrator* untuk menghasilkan produk starch. Pemilihan hasil akhir berupa bubuk karena penggunaan fleksibel dan stabilitas tinggi.

1.2. Tujuan Penelitian

Dari latar belakang di atas, tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menentukan suhu pengeringan terbaik untuk menghasilkan produk pati modifikasi
2. Menentukan waktu pengeringan terbaik untuk menghasilkan produk pati modifikasi

1.3. Kerangka Pemikiran

Ubi kayu (*Manihot utilissima*) adalah komoditas tanaman pangan ketiga terbesar di Indonesia setelah padi dan jagung, serta menjadi sumber kalori pangan yang murah dan melimpah. Pengolahan ubi kayu adalah dengan mengubahnya menjadi tepung tapioka. Tepung tapioka menjadi langkah strategis dan ekonomis bagi pengembang ubi kayu untuk mengolahnya menjadi produk yang bernilai tambah (Mustafa, 2016). Pati adalah salah satu produk utama yang dihasilkan dari pengolahan ubi kayu, yang merupakan komponen penyusun terbesar dalam ubi kayu itu sendiri. Pemanfaatan pati ubi kayu sangat luas, mencakup industri pangan, kosmetik, dan farmasi, untuk memenuhi kebutuhan di berbagai industri tersebut, modifikasi pati diperlukan. Salah satu modifikasi yang dapat dilakukan adalah mengubah karakteristik pati menjadi produk nanopartikel pati (*starch nanoparticle*) dengan menggunakan metode *food dehydrator*.

Ultrasonikasi adalah metode yang menggunakan radiasi gelombang ultrasonik (>20 kHz) untuk mengubah struktur fisik biomassa, seperti pati. Dalam sistem suspensi pati, gelombang ultrasonik ini merusak dan memperkecil ukuran granula pati. Beberapa keuntungan dari modifikasi ultrasonikasi pada pati antara lain menghasilkan pati berpori dengan kualitas yang lebih baik, mengurangi penggunaan bahan kimia, mempercepat waktu pemrosesan, serta lebih ramah lingkungan (Chemat *et al.*, 2011; Zuo *et al.*, 2009; Subroto *et al.*, 2021)

Food dehydrator dipilih sebagai metode pengeringan untuk mengurangi kadar air pada bahan pangan yang akan dikeringkan. Dalam penelitian ini, *food dehydrator* digunakan karena kemampuannya menghasilkan produk kering tanpa merusak struktur fisik atau kimia bahan secara berlebihan. Mengendalikan kondisi

operasional selama proses pengeringan penting dilakukan, yaitu dengan mengatur suhu dan kelembapan relatif secara tepat, agar hasil lebih konsisten dan optimal.

1.4. Hipotesis

Hipotesis penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Suhu proses pengeringan berpengaruh terhadap proses modifikasi pati
2. Waktu pengeringan berpengaruh terhadap proses modifikasi pati

1.5. Kontribusi Pemikiran

Pada topik ini, penelitian ini ditargetkan untuk mengetahui kondisi optimum pada *starch* dari hasil modifikasi yang peneliti lakukan dengan menggunakan alat *ultrasonic probe* dan dibantu dengan pengeringan menggunakan *food dehydrator* dengan variabel suhu dan waktu. Penelitian ini diharapkan berkontribusi baik dalam bidang pangan, farmasi, kosmetik dan berbagai bidang lainnya.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Ubi Kayu

Ubi kayu merupakan salah satu bahan pangan pengganti beras yang memiliki peran yang cukup penting dalam membantu ketahanan pangan di suatu wilayah dan daerah dan juga berperan sebagai sumber bahan pengganti beras. Ubi kayu memiliki kandungan gizi yang baik dan juga baik untuk menjaga kestabilan tubuh. Ubi kayu juga merupakan sumber energi yang lebih tinggi daripada produk pangan lain seperti beras, jagung, ubi jalar dan gandum. Oleh karena itu, pengembangan ubi kayu penting untuk upaya penyediaan bahan baku industri.



Gambar 1. Ubi Kayu

(Sumber : <https://sains.kompas.compotensi-pertanian-ubi-kayu-di-indonesia>)

Menurut Rukmana (1997), dalam sistematika (taksonomi) tumbuhan, kedudukan tanaman ubi kayu diklasifikasikan sebagai berikut (Rukmana, 1997):

- Kingdom : *Plantae* (tumbuh-tumbuhan)
- Divisi : *Spermatophyta* (tumbuhan berbiji)
- Sub-devisi : *Angiospermae* (berbiji tertutup)
- Ordo : *Euphorbiales*
- Famili : *Euphorbiaceae*
- Genus : *Manihot*
- Spesies : *Manihot Esculenta Crantz sin. M. Utilissima Pohl.*

Berikut merupakan komposisi dari ubi kayu per 100 g :

Tabel 1. Komposisi Gizi Ubi Kayu per 100 g Ubi Segar

Komponen	
Kadar Energi Air	157 Kal 60 g
Protein	0,8 g
Lemak	0,3 g
Karbohidrat	37,9 g
Kalsium	33 g
Fosfor	40 g
Besi	0,7 g
Vitamin A	385 SI
Vitamin B1	0,06 mg
Vitamin C	30 mg

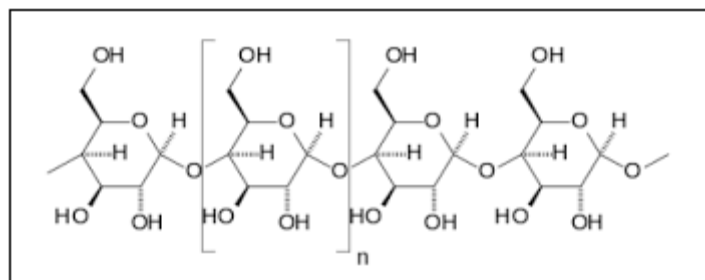
Sumber :Widyastuti (2012)

Secara umum, tanaman ubi kayu ini memiliki batang yang beruas-ruas, berkayu, panjang serta memiliki ketinggian kurang lebih mencapai 3 meter. Warna batang bervariasi tergantung kulit luar tetapi batang muda umumnya berwarna hijau. ubi kayu juga mempunyai lapisan berurat menjari dengan canggap 5-9 helai serta biasanya daun ubi kayu mengandung racun asam sianida terutama daun yang masih muda. Bunga ubi kayu termasuk berumah satu (*monocious*), bunga jantan dan betina terletak pada tangkai bunga yang berbeda dalam satu batang untuk tiap tanaman. Umbi pada kayu merupakan akar yang berubah fungsi menjadi tempat penyimpanan makanan cadangan.

Tanaman ubi kayu tumbuh optimal pada ketinggian 10-700 mdpl, curah hujan 760-1015 mm/tahun, suhu udara 18-35 °C, kelembaban durasi penyinaran matahari 60-65 °C 10 jam/hari. Untuk produksi optimal ubi kayu membutuhkan 150-200 mm hujan per 1-3 bulan, 250-300 mm pada usia 4-7 bulan dan 100-150 mm pada pertumbuhan selanjutnya sampai dengan *fase* pra-panen. Ubi kayu merupakan tanaman utama yang ditanam di Indonesia pada lahan kering dengan iklim gersang dan lahan kering dengan iklim lembab. Secara umum ubi kayu cocok ditanam di tanah gembur untuk perkembangan umbi mengoptimalkan dan memudahkan proses pemanenan. pH tanah optimal untuk ubi kayu adalah antara 4,5 dan 8,0 meskipun ada banyak ubi kayu tumbuh di tanah masam (Saleh, 2017).

Ubi kayu merupakan tanaman yang memiliki kandungan nutrisi yang tinggi dan bermanfaat bagi kesehatan tubuh. Berikut ini adalah beberapa nutrisi yang terdapat dalam singkong (Alfaruqi *et al.*, 2021):

- a. Karbohidrat: Singkong mengandung karbohidrat kompleks yang mudah dicerna oleh tubuh. Karbohidrat ini dapat memberikan energi yang dibutuhkan tubuh untuk melakukan aktivitas sehari-hari.
- b. Serat: Singkong juga mengandung serat yang cukup tinggi. Serat dapat membantu melancarkan pencernaan dan mencegah sembelit.
- c. Vitamin B kompleks: Singkong mengandung vitamin B kompleks, seperti vitamin B1 (*tiamin*), vitamin B2 (*riboflavin*), vitamin B3 (*niacin*), dan vitamin B6 (*piridoksin*). Vitamin B kompleks berperan penting dalam metabolisme energi dan fungsi sistem saraf.
- d. Asam folat: Singkong juga mengandung asam folat yang dibutuhkan oleh tubuh untuk pertumbuhan dan perkembangan sel. Asam folat sangat penting bagi ibu hamil karena dapat mencegah cacat tabung saraf pada janin.
- e. Mineral: Singkong mengandung beberapa mineral seperti magnesium, kalium, dan fosfor. Magnesium dapat membantu mengatur tekanan darah dan meningkatkan fungsi otot dan saraf. Kalium berperan penting dalam keseimbangan cairan tubuh dan fungsi jantung. Fosfor berperan penting dalam pertumbuhan dan perbaikan jaringan tubuh.
- f. Antioksidan: Singkong juga mengandung senyawa antioksidan seperti asam askorbat, asam fenolat, dan karotenoid. Senyawa antioksidan ini dapat melindungi sel-sel tubuh dari kerusakan akibat radikal bebas.



Gambar 2. Struktur Pati
(Sumber: <https://repository.ump.ac.id/4062/3/ILHAM>)

Pati tersusun dari dua komponen utama yaitu amilosa dan amilopektin. Amilosa tersusun atas ikatan glukosa 1-4 glukosa. Amilopektin tersusun atas ikatan 1-4 glukosida dan 1-6 glukosida. Pati ubi kayu juga memiliki kemampuan untuk membentuk gel melalui proses pemanasan pada suhu tinggi karena pecahnya struktur amilosa dan amilopektin. Pemecahan tersebut menyebabkan terjadinya perubahan lebih lanjut seperti peningkatan molekul air sehingga terjadi penggelembungan molekul, pelelehan kristal dan terjadi peningkatan viskositas (Budiarti *et al*, 2021)

Ubi kayu dapat digunakan untuk makanan, pakan ternak dan keperluan lainnya seperti untuk bahan baku berbagai industri. Oleh karena itu, pemilihan varietas ubi kayu sangat penting disesuaikan dengan tujuannya

Ubi kayu adalah salah satu jenis tanaman umbi-umbian yang banyak dibudidayakan di berbagai negara, termasuk Indonesia. Selain dijadikan bahan pangan, ubi kayu juga memiliki berbagai kegunaan, di antaranya:

1. Sumber energi: Ubi kayu mengandung karbohidrat kompleks yang dapat diubah menjadi energi. Selain itu, tepung ubi kayu juga dapat dijadikan bahan bakar alternatif dalam pembuatan bioetanol.
2. Bahan pangan: Ubi kayu dapat diolah menjadi berbagai jenis makanan, seperti keripik, kerupuk, tape, tepung, dan lain sebagainya. Tepung ubi kayu juga sering digunakan sebagai pengganti tepung terigu pada produk roti dan kue-kue.
3. Bahan kemasan: Ubi kayu mengandung bahan pati yang dapat diubah menjadi bahan kemasan yang ramah lingkungan. Bahan kemasan yang terbuat dari ubi kayu dapat diurai secara alami sehingga tidak menimbulkan sampah plastik yang sulit terurai.
4. Bahan baku industri: Ubi kayu juga digunakan sebagai bahan baku industri, seperti industri tekstil, farmasi, dan kosmetik.
5. Tanaman pangan: Selain sebagai bahan pangan, ubi kayu juga dapat dijadikan sebagai tanaman pangan karena dapat tumbuh dengan baik di berbagai kondisi tanah dan iklim.
6. Obat-obatan: Beberapa kandungan senyawa pada ubi kayu dipercaya

memiliki sifat anti inflamasi, antioksidan, dan anti-kanker, sehingga dapat dimanfaatkan sebagai obat-obatan herbal.

7. Kegunaan lainnya: Selain kegunaan-kegunaan di atas, ubi kayu juga dapat digunakan untuk pakan ternak, pupuk organik, dan bahan campuran pada konstruksi bangunan.

Ubi kayu sering digunakan untuk membuat berbagai hidangan. Selain itu, ubi kayu juga dimanfaatkan untuk berbagai bahan baku industri kimia, diolah menjadi fruktosa sebagai pemanis dalam industri minuman untuk bahan baku tekstil, kosmetik, lem, kertas, farmasi dan lain-lain. Ubi kayu segar sebagai bahan makanan dapat diolah menjadi berbagai produk termasuk *pulp* kering, pati, tepung dan makanan ringan. Secara umum, ubi kayu hanya bisa bertahan 2 hari dalam kondisi segar. Bahkan sering terjadi ubi kayu sudah dipanen rusak sebelum dijual. Pemasaran ubi kayu dengan waktu yang lama memerlukan pengolahan menjadi bentuk lain yang dapat bertahan lebih lama, seperti gaplek, tapioka, tapai, peuyeum, keripik ubi kayu dan lain-lain. Dari beberapa pengolahan yang disarankan diatas, dengan kadar pati pada ubi kayu yang tinggi maka ubi kayu sangat berpotensi untuk diolah menjadi tepung tapioka. Selain tepung tapioka lebih tahan lama, setiap harinya tepung tapioka banyak digunakan oleh masyarakat untuk membuat olahan makanan dan kebutuhan industri.

2.2. Tepung Tapioka

Tepung tapioka (*Cassava-root flour*) atau sering disebut tepung kanji adalah tepung yang diperoleh dari ketela pohon atau singkong. Tapioka memiliki sifat-sifat fisik yang serupa dengan tepung sagu, sehingga penggunaan keduanya dapat saling menggantikan. Pada umumnya masyarakat kita mengenal dua jenis tapioka, yaitu tapioka kasar dan tapioka halus. Tapioka kasar masih mengandung gumpalan dan butiran ubi kayu yang masih kasar, sedangkan tapioka halus merupakan hasil pengolahan lebih lanjut dan tidak mengandung gumpalan lagi. Dari kedua tapioka ini, tapioka halus memiliki kualitas yang lebih baik.



Gambar 3. Produk Olahan Ubi Kayu (Tepung Tapioka)
(Sumber : <https://pertanian.uma.ac.id/bahan-dasar-tepung-tapioka/>)

Tepung tapioka, tepung ubi kayu, pati atau aci adalah tepung yang diperoleh dari umbi ubi kayu atau biasa disebut dalam bahasa Indonesia ubi kayu. Tapioka memiliki khasiat yang mirip dengan sagu penggunaan keduanya dapat dipertukarkan. Tepung ini sering digunakan untuk memasak, gluten, dan banyak hidangan tradisional pemanfaatan tapioka sebagai bahan baku. Tapioka adalah sebutan untuk produk yang diolah dari akar ubi kayu (ubi kayu). Analisis akar ubi kayu khas diidentifikasi 70% air, 24% pati, 2% serat, 1% protein dan bahan lainnya seperti mineral, lemak, gula sebanyak 3% (Sastrawan dan Erita, 2018). Langkah-langkah proses pembuatan tepung tapioka yaitu pati yang diekstrak dengan air ubi kayu, kemudian disaring, hasil saringan kemudian diendapkan. Bagian yang mengendap tersebut selanjutnya dikeringkan dan digiling hingga diperoleh butiran-butiran pati halus.

Tepung tapioka yang terbuat dari ubi kayu memiliki banyak kegunaan, seperti sebagai pembantu di berbagai industri. Dibandingkan dengan jagung, kentang dan gandum atau tepung terigu, komposisi gizi tepung tapioka yang cukup baik untuk mengurangi kerusakan jaringan juga digunakan sebagai pembantu pewarna putih. Pada dasarnya, membuat tepung tapioka adalah bagaimana dapat mengambil granula-granula pati dari dalam sel dan kemudian dilakukan pemisahan komponen lain untuk mendapatkan pati dalam keadaan murni. Granula pati dipisahkan dari bagian umbi lainnya sebersih mungkin. Butiran pati dari berbagai sumber memiliki bentuk dan ukuran yang berbeda-beda. Tepung tapioka (pati singkong) dapat ditemukan di bawah mikroskop berbentuk bulat dengan bagian yang tidak sama, biasanya berdiameter 5 hingga 35 μm , lurik di tengah, lurus atau

bercabang tiga. (Herawati, 2012)

Terdapat dua jenis pati yaitu pati alami dan pati modifikasi. Pati dalam bentuk aslinya adalah pati yang tidak mengalami perubahan sifat fisik dan kimia atau diolah secara kimia. Pati alami dapat menyebabkan masalah serupa stabilitas rendah. Pati termodifikasi adalah pati yang diberi perlakuan tertentu dengan tujuan menghasilkan sifat yang lebih baik untuk meningkatkan sifat sebelumnya. Modifikasi fisik pati mendapat lebih banyak perhatian dalam beberapa tahun terakhir karena pengurangan produk sampingan dan bahan kimia, dan pada saat yang sama menjadikan metode ini lebih berkelanjutan serta ramah lingkungan (Jia *et al.*, 2009).

2.3. ***Starch Nanoparticle (SNP)***

Starch nanoparticle adalah bahan yang melalui proses nanoteknologi yang menghasilkan nanopartikel dengan ukuran yang lebih kecil dari 1000 nm (Marta dan Rizki, 2023). Karena memiliki ukuran yang sangat halus, sifat karakteristik dari unsur-unsur tersebut akan muncul dan dapat dimodifikasi. Berikut merupakan beberapa karakteristik dari *starch nanopartikel* adalah:

- 1 *Starch nanoparticle* memiliki ukuran yang sangat kecil, yaitu kurang dari 1000 nanometer. Ukuran ini memungkinkan pati untuk lebih mudah diabsorpsi oleh tubuh manusia dan dapat digunakan dalam berbagai aplikasi.
- 2 *Starch nanoparticle* memiliki sifat fisik yang berbeda dari pati biasa karena ukuran yang lebih kecil. Sifat fisik ini termasuk peningkatan kestabilan, kelarutan, dan reaktivitas kimia.
- 3 *Starch nanoparticle* memiliki daya serap yang lebih tinggi daripada pati biasa. Hal ini memungkinkan *starch nanoparticle* untuk digunakan dalam berbagai aplikasi, termasuk sebagai bahan pengikat atau pengisi.
- 4 *Starch nanoparticle* memiliki kemampuan untuk menghambat enzim tertentu. Hal ini memungkinkan *starch nanoparticle* untuk digunakan dalam aplikasi kesehatan, seperti pengobatan diabetes.
- 5 *Starch nanoparticle* memiliki stabilitas termal yang lebih tinggi daripada

pati iasa. Hal ini memungkinkan *starch nanoparticle* untuk digunakan dalam aplikasi makanan dan minuman yang membutuhkan stabilitas termal yang tinggi.

Nanoteknologi adalah teknologi untuk membuat, mendesain, dan mengubah struktur atau fungsi fisik ukuran nanometer. Perbedaan partikel nano dengan bahan yang lebih besar adalah ukurannya yang kecil sehingga memiliki perbandingan luas permukaan dan volume yang lebih besar sehingga membuat nanopartikel lebih reaktif. Kemampuan bahan untuk bereaksi ditentukan oleh atom-atom di dalam permukaan, karena hanya atom-atom tersebut yang kontak langsung dengan bahan lainnya. Selain itu, hukum fisika yang berlaku diatur oleh hukum fisika kuantum. Pengembangan *starch nanoparticle* dalam berbagai aplikasi ini menunjukkan potensi besar untuk pengembangan produk-produk baru yang lebih efektif dan efisien dalam industri farmasi, makanan, dan kosmetik. Beberapa aplikasi dari *starch nanoparticle* adalah sebagai berikut (Newfang *et al.*, 2015).

- 1 Pada industri farmasi, *starch nanoparticle* dapat digunakan sebagai bahan pengisi atau pembawa zat aktif dalam obat-obatan. Hal ini dikarenakan ukurannya yang sangat kecil, *starch nanoparticle* dapat menembus membran sel dan masuk ke dalam sel, sehingga dapat meningkatkan efisiensi penghantaran obat ke sel target. Selain itu, *starch nanoparticle* juga dapat digunakan sebagai bahan pembantu dalam produksi tablet obat, karena mampu meningkatkan sifat mekanis dan stabilitas tablet.
- 2 Pada industri makanan, *starch nanoparticle* dapat digunakan sebagai bahan pengisi atau pengental alami. Hal ini disebabkan ukurannya yang sangat kecil, *starch nanoparticle* dapat menghasilkan tekstur yang lebih halus dan lembut pada produk makanan seperti saus, selai, dan es krim. Selain itu dapat meningkatkan daya serap nutrisi dalam makanan dan meningkatkan kekentalan dan stabilitas produk makanan dan *starch nanoparticle* juga dapat meningkatkan daya simpan produk makanan dan mencegah perubahan tekstur dan rasa. Ukuran partikel *starch nanoparticle* yang sangat kecil dapat meningkatkan sifat organoleptik makanan, seperti konsistensi, kelembutan, dan kekenyalan.

- 3 *Starch nanoparticle* dapat digunakan dalam produk kosmetik untuk meningkatkan stabilitas dan daya lekat. *Starch nanoparticle* dapat digunakan sebagai bahan pengikat dalam produk kosmetik seperti lipstik dan bedak, sehingga produk kosmetik menjadi lebih tahan lama dan tidak mudah luntur. Selain itu, *starch nanoparticle* juga dapat digunakan sebagai bahan pengisi dalam produk perawatan kulit seperti krim dan losion untuk meningkatkan tekstur dan daya serap. Nanopartikel bertujuan untuk mengatasi kelarutan zat aktif yang sulit larut, meningkatkan *bioavailabilitas* yang buruk, terutama untuk meningkatkan stabilitas zat aktif degradasi lingkungan (degradasi enzimatik, oksidasi, hidrolisis), memperbaiki penyerapan senyawa makromolekul dan mengurangi efek iritasi dari bahan aktif pada saluran pencernaan.

Beberapa keuntungan dari *starch nanoparticle* adalah kemampuan untuk menembus ruang-ruang antar sel yang dapat ditembus oleh partikel koloid. Selain itu, *starch nanoparticle* bersifat fleksibel menggabungkan dengan berbeda teknik lain. Kemampuan ini akan membuka peluang pengembangan yang luas pada berbagai keperluan dan target. Kelebihan lainnya adalah peningkatan afinitas sistem karena area kontak meningkat dengan jumlah yang sama (Buzea *et al.*, 2007).

2.4. Modifikasi Pati Dengan Metode Ultrasonikasi

Modifikasi pati dapat dilakukan dengan metode ultrasonik dengan gelombang mekanik *longitudinal* dengan frekuensi diatas 20 kHz melebihi batas pendengaran telinga manusia. Gelombang ultrasonik sering digunakan dalam industri untuk mengawetkan makanan dan juga dapat menjaga kandungan nutrisi dari produk pangan tersebut. Pengawetan dengan gelombang ultrasonik dilakukan dengan penonaktifan mikroorganisme, banyak produsen makanan telah melakukan ini (Suwandi dan Mardiono Jacob, 2015). Pada modifikasi pati ini juga akan menunjukkan peningkatan kemampuannya dalam menyerap air (Manchun *et al.*, 2012).

Modifikasi pati dengan menggunakan gelombang ultrasonik merupakan salah satu metode untuk memodifikasi struktur pati dan meningkatkan sifat fungsionalnya. Penggunaan teknik ini akan melibatkan gelombang ultrasonik dengan frekuensi tinggi untuk merusak ikatan hidrogen diantara molekul pati dan mengubah morfologi partikel pati yang nantinya pati ditempatkan dalam cairan atau larutan dan kemudian diberikan gelombang ultrasonik dengan frekuensi tinggi. Energi ultrasonik yang dihasilkan menyebabkan getaran pada partikel pati, sehingga dapat merusak ikatan-ikatan hidrogen antara molekul pati. Selain itu, gelombang ultrasonik juga menyebabkan pembentukan gelembung-gelembung mikro pada larutan sehingga meningkatkan kontak antara pati dan cairan atau larutan.

Modifikasi pati dengan gelombang ultrasonik memiliki dampak yaitu meningkatnya kecenderungan pati untuk membentuk ikatan hidrogen baru, yang menghasilkan struktur yang lebih terorganisir. Hal ini juga dapat meningkatkan sifat fungsional pati diantaranya kemampuan pengikatan air dan daya serap air. Teknik modifikasi pati dengan gelombang ultrasonik dapat dianggap sebagai metode yang lebih efektif dan efisien dibandingkan dengan metode konvensional seperti hidrolisis enzimatis atau kimia. Terdapat dua karakteristik unik gelombang ultrasonikasi diantaranya (Cheeke, 2017):

1. Gelombang ultrasonik bergerak 100.000 kali lebih lambat dari gelombang suara elektromagnetik sehingga memudahkan untuk mendapatkan informasi cuaca, penandaan variabel dan lainnya saat gelombang ultrasonik merambat
2. Gelombang ultrasonik dengan mudah melewati bahan kedap air dengan cahaya karena gelombang ultrasonik dapat diandalkan sehingga dapat digunakan untuk menentukan gambar topografi dari bahan yang tidak tembus cahaya

Aplikasi gelombang ultrasonik yang paling penting adalah penggunaannya dalam menciptakan efek kavitasi akustik. Efek ini akan digunakan dalam penggunaan bahan nanometer dengan metode emulsifikasi. Ketika gelombang ultrasonik merambat ke *fluida*, akan terjadi siklus kerapatan dan kerenggangan. Hal ini disebabkan karena karakteristik gelombang ultrasonik melalui medium dapat

menyebabkan isolasi partikel periodik dengan amplitude rata sejajar dalam arah transmisi vertikal sehingga menyebabkan partikel medium membentuk rapatan dan regangan. Tekanan negatif terjadi saat regangan membuat molekul cair tertarik dan vakum terbentuk, kemudian pembentukan gelembung akan diserap energi gelombang suara sehingga bisa mengembang.

Penerapan modifikasi dengan menggunakan gelombang ultrasonik telah diterapkan dalam berbagai aplikasi seperti dalam produk makanan, farmasi dan kosmetik. Contohnya pati termodifikasi dengan menggunakan gelombang ultrasonik dapat digunakan sebagai bahan pengental pada produk makanan seperti saus, *jelly*, dan *yogurt*. Teknik ini juga dapat menghasilkan pati yang lebih larut. Kelebihan teknik ultrasonikasi diantaranya adalah proses cepat dan mudah, tidak membutuhkan banyak penambahan bahan kimia, tidak mengakibatkan perubahan yang signifikan pada struktur kimia partikel dan senyawa bahan baku yang digunakan (Dolatowski *et al.*, 2007).

2.5. Pengerinan

Pengerinan adalah proses untuk mengurangi atau menghilangkan sebagian besar kandungan air dalam suatu bahan dengan memanfaatkan energi panas. Proses terjadi melalui penguapan air, yang dilakukan dengan cara menurunkan kelembapan udara di sekitar bahan dengan mengalirkan udara panas. Tekanan uap air dalam bahan lebih tinggi dibandingkan dengan tekanan uap air di udara, sehingga perbedaan tekanan tersebut mendorong uap air dari bahan ke udara. Prinsip dasar dalam proses ini adalah terjadinya penguapan air ke udara akibat perbedaan kandungan uap air antara bahan yang dikeringkan dan udara sekitarnya. Udara memiliki kandungan uap air yang lebih rendah atau kelembapan nisbi yang lebih rendah, sehingga memungkinkan terjadinya penguapan dari bahan ke udara.

Kemampuan udara untuk mengangkut uap air akan semakin baik apabila perbedaan kelembapan nisbi antara udara pengering dan udara di sekitar bahan yang dikeringkan semakin besar. Faktor yang dapat mempercepat proses pengeringan adalah aliran udara, jika udara tidak mengalir, kandungan uap air di sekitar bahan akan semakin jenuh, yang menyebabkan proses pengeringan menjadi lebih lambat. Kelembapan udara tinggi, mengakibatkan perbedaan tekanan uap antara dalam

bahan dan udara luar akan menjadi kecil, sehingga menghambat pemindahan uap air dari bahan ke udara. Suhu udara pengering yang lebih tinggi akan meningkatkan kemampuan bahan untuk melepaskan air dari permukaannya. Peningkatan suhu juga mengurangi jumlah panas yang diperlukan untuk menguapkan air dari bahan.

Pengeringan adalah proses untuk menghilangkan sebagian air dari bahan. Air pada bahan dihilangkan berdasarkan perbedaan kelembaban antara udara pengering dan bahan yang dikeringkan. Bahan tersebut biasanya dihubungkan dengan udara kering, yang menyebabkan terjadinya perpindahan massa air dari bahan ke udara pengering (AINI, 2016). Pengeringan juga bertujuan untuk mencegah pertumbuhan mikroorganisme seperti bakteri dan jamur yang dapat menyebabkan produk menjadi rusak.

Proses pengeringan juga dapat mengubah sifat asli bahan, seperti pada perubahan pati menjadi nanopartikel pati. Pati yang awalnya berbentuk cair akan mengalami perubahan fisik, menjadi lebih padat dan keras setelah proses pengeringan sehingga menghasilkan serbuk. Beberapa faktor yang mempengaruhi pengeringan adalah waktu pengeringan, suhu pengeringan, luas permukaan pengering, kelembaban udara dan ukuran bahan (Yerizam *et al.*, 2019).

2.6.1 Metode pengeringan

2.6.1.1 Pengeringan Alami

Pengeringan alami adalah metode pengeringan yang sederhana dengan memanfaatkan sinar matahari langsung maupun tidak langsung. Proses ini menggunakan radiasi matahari, suhu, dan kelembaban udara sekitar untuk mempercepat pengeringan. Pengeringan alami tidak memerlukan peralatan khusus dan biayanya relatif murah, namun memiliki beberapa kelemahan, seperti memerlukan area yang luas, tergantung pada kondisi cuaca, dan kurang higienis.

Pengeringan alami dengan menggunakan sinar matahari (*sun drying*) sebaiknya dilakukan di lokasi dengan udara kering dan suhu lebih dari 100°F. Proses ini biasanya memakan waktu 3-4 hari. Energi panas dari sinar matahari dimanfaatkan untuk mengeringkan bahan padat. Selain itu, pengeringan alami juga bisa dilakukan dengan udara (*air drying*), yang berbeda dengan *sun drying*. Pada metode ini, bahan digantung di tempat dengan aliran udara kering yang terus

berhembus (Syarif *et al.*, 1985.)

2.6.1.2 Pengeringan Buatan

Pengeringan dengan udara dapat dilakukan menggunakan udara yang dipanaskan. Udara panas tersebut dialirkan ke bahan yang akan dikeringkan menggunakan alat penghembus, seperti kipas (*fan*). Pengering buatan ini menjadi salah satu alternatif karena suhu dan kecepatan prosesnya dapat dikendalikan dengan mudah, serta tidak tergantung pada kondisi cuaca. Pengeringan buatan ini memerlukan keterampilan dan peralatan khusus, serta biaya yang cukup tinggi (Hakim *et al.*, 2017).

Proses pengeringan ini juga membutuhkan energi untuk memanaskan alat pengering, mengimbangi radiasi panas yang hilang dari alat, memanaskan bahan, menguapkan air dari bahan, serta menggerakkan udara (Daulay, 2017). Pengering buatan biasanya terdiri dari alat *dehydrator* dan *oven*. *Dehydrator* adalah jenis pengering buatan yang memerlukan waktu relatif lama, dengan waktu pengeringan mencapai 6-7 jam, tergantung pada jenis bahan yang digunakan. Pada *oven*, proses pengeringan biasanya memakan waktu sekitar 5-12 jam untuk membuat bahan menjadi kering.

Teknologi pengeringan adalah metode alternatif yang sangat efektif untuk memperpanjang daya simpan bahan pangan. Teknologi ini juga merupakan salah satu teknik pengolahan yang paling sederhana untuk mengeringkan bahan pangan. Alat yang digunakan dalam proses pengeringan adalah *food dehydrator*. *Food dehydrator*, atau mesin pengering makanan, adalah perangkat yang digunakan untuk menghilangkan kandungan air dalam makanan guna memperpanjang masa simpan, menghasilkan makanan yang lebih ringan, dan menjaga nilai nutrisinya. Mesin ini bekerja dengan cara mengeringkan makanan melalui pengaturan suhu dan sirkulasi udara yang optimal (Rauf *et al.*, 2023).



Gambar 4. *Dehydrator*

(Sumber: <https://ramesia.com/product/food-dehydrator-rmx-st-10gt/>)

Manfaat utama dari *food dehydrator* adalah memperpanjang masa simpan makanan. Alat ini berfungsi untuk mengurangi kadar air dalam makanan, yang membantu menghentikan pertumbuhan bakteri, jamur, dan mikroorganisme lain yang dapat merusak makanan. *Food dehydrator* memungkinkan bahan makanan disimpan lebih lama tanpa perlu pendinginan atau pengawetan kimia. Alat ini membantu mengurangi pemborosan makanan dan memenuhi kebutuhan untuk memiliki persediaan makanan yang awet. Selain mengurangi kadar air, proses ini membuat makanan menjadi lebih ringan. Hal ini menjadikannya pilihan yang tepat untuk kegiatan di luar ruangan. Makanan yang diproses dengan dehidrator juga tetap mempertahankan rasa dan tekstur aslinya, memberikan pengalaman makan yang memuaskan (Shodikin *et al.*, 2024).

Food dehydrator juga terkenal karena kemampuannya dalam menjaga kandungan nutrisi makanan. Proses pengeringan yang terkontrol suhunya memungkinkan makanan tetap mempertahankan nutrisi penting seperti vitamin, mineral, dan antioksidan, berbeda dengan metode pengeringan lainnya yang dapat menyebabkan hilangnya beberapa nutrisi. Mesin ini berfungsi memperlancar proses pengeringan pada produk makanan dan sering digunakan untuk mengeringkan jahe, yang kemudian bisa diolah menjadi berbagai produk, seperti jahe bubuk original yang dapat dicampurkan ke dalam berbagai masakan. Selain sebagai pengering makanan, *food dehydrator* juga menjaga nilai gizi yang bermanfaat bagi tubuh. Alat ini memungkinkan pengguna untuk mengolah makanan sendiri dengan kontrol penuh terhadap bahan dan prosesnya. *Food dehydrator* juga dapat mengeringkan berbagai jenis makanan, seperti buah, sayuran, daging, atau rempah-rempah, sesuai

dengan selera dan kebutuhan.

2.6. Penelitian Terdahulu

Tabel 2. Penelitian Terdahulu

No.	Nama Peneliti (Tahun)	Judul Penelitian	Hasil Penelitian
1.	Maryam, Anwar Kasim, Novelina, Emriadi (2018)	Teknologi Preparasi <i>Starch Nanoparticle</i> dan Aplikasinya dalam Pengembangan Komposit Bioplastik	Masalah yang dihadapi dalam pengembangan <i>Starch Nanoparticle</i> adalah metode preparasi yang digunakan belum siap untuk produksi secara komersial. Selain itu, nilai rendemen dari pengolahan yang dilakukan cenderung rendah dan tahapan proses yang terlalu panjang. Solusinya adalah mengadaptasi metode pengelolaan <i>Starch Nanoparticle</i> secara lebih efisien untuk skala produksi.
2.	Beni Hidayat, Vida Elsyana, Sheniah Glori Simorangkir (2022)	Penerapan Metode Ultrasonik untuk Menghasilkan Nanopartikel Pati dari Pati Singkong	Variabel perlakuan yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan konsentrasi pati 1%, 2%, 3%. Dengan hasil menunjukkan konsentrasi 3% menghasilkan produk SNP dengan partikel 429,60 nm.
3.	Martunis (2012)	Pengaruh Suhu dan Lama Pengeringan Terhadap Kualitas dan Kuantitas Pati Kentang Varietas <i>Granula</i>	Hasil dari penelitian diperoleh rendemen tertinggi pada suhu pengeringan 40 C yaitu 3,61%. Perbedaan yang sangat signifikan pada suhu pengeringan 60 C dengan rendemen sebesar 2,82%. Kadar air tertinggi pati kentang sebesar 16,40% diperoleh dari pengeringan dengan suhu 40 C, kemudian pada suhu 50 C diperoleh kadar air sebesar 15,54%, dan suhu yang paling optimum adalah 60 C karena memperoleh kadar air sebesar 13,6%.

Tabel 2. (Lanjutan)

No.	Nama Peneliti (Tahun)	Judul Penelitian	Hasil Penelitian
4.	Ari Rahayuningtyas, Seri Intan Kuala (2016)	Pengaruh Suhu Dan Kelembaban Udara pada Proses Pengeringan Singkong (Studi Kasus : Pengering Tipe Rak)	Untuk suhu pada pengamatan waktu ke 0 menit, suhu awal adalah 35° C, pada 30 menit pertama suhu menjadi 51° C, 30 menit kemudian sebesar 51° C, 53° C, 54° C, 54° C, 55° C, 55° C, 56° C. Hal ini Nampak bahwa seiring pertambahan waktu, suhu dalam ruang pengering menjadi lebih tinggi dengan rata-rata kenaikan suhu setiap 30 menit kurang lebih 2° C.
5	Achmad Fatchullah, Javelin Auffadina (2022)	Implementasi <i>Food Dehydrator</i> Pada Pengering Bunga Telang Sebagai Produk UMKM Lampung Cenadan Kelurahan Perak Barat	Pengujian <i>Food Dehydrator</i> sebagai alat teknologi tepat guna menunjukkan bahwa bunga telang yang dikeringkan dengan suhu 50°C -60° C merupakan suhu terbaik dalam menghasilkan bunga telang berkualitas.
6	Yunita Mauliana, Miranda Cambodia,Ade Sandra Dewi, Agus Aprianto, Lilik Ariyanto (2023)	Pelatihan Peningkatan Mutu Jahe Instan Dengan Mesin Digital <i>Food Dehydrator</i> di KWT Srikandi, Desa Sungai Langka	Penggunaan alat digital <i>food dehydrator</i> dapat dimanfaatkan dengan baik untuk pembuatan jahe bubuk original
7.	Subroto <i>et al.</i> , (2021)	Modifikasi Pati Hanjeli (<i>Coix lacryma-jobi L.</i>) Berpori Melalui Ultrasonikasi dan Ozonasi	Hasil penelitian menunjukkan munculnya pori-pori pada permukaan <i>granula</i> pati termodifikasi dengan hasil terbaik yaitu modifikasi kombinasi ultrasonikasi 30 menit dan ozonasi. peningkatan <i>solubility</i> dari 6,76 ± 0,62 % menjadi 9,59 ± 0,44 %, dan penurunan kapasitas penyerapan air dari 1,25 ± 0,02 g/g menjadi 1,13 ± 0,02 g/g.

Tabel 2. (Lanjutan)

No.	Nama Peneliti (Tahun)	Judul Penelitian	Hasil Penelitian
8.	Bamigbola <i>et al.</i> , (2016)	Pengaruh Substitusi Tepung Pisang Raja dan Tepung Kacang Tunggak Terhadap Sifat Antioksidan, Fisikokimia dan Sifat Pasta Tepung Komposit Berbasis Gandum	Hasil penelitian, campuran optimum yang diperoleh adalah run 2 (70% terigu, 20% tepung pisang raja dan 10% tepung kacang merah), 13 (77% terigu, 20% tepung pisang raja dan 3% tepung kacang merah) dan 15 (65,66% terigu, 29% tepung pisang raja dan 5,33% tepung kacang merah) dengan kandungan abu, serat, protein, dan mineral yang paling baik secara keseluruhan.