

OPTIMASI WAKTU DAN KONSENTRASI PELARUT BASA DALAM PROSES HIDROLISIS GELATIN DARI TULANG CEKER AYAM KAMPUNG

Bintang Arya Sena¹, Indah Dwi Asti¹, Nur Aini Fauziah², Sintha Soraya Santi^{1*}

¹Chemical Engineering Department, Faculty of Science and Engineering,
Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur, Surabaya, 60294, Indonesia

²Physics Department, Faculty of Science and Engineering,
Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur, Surabaya, 60294, Indonesia

*Email: sintha.tk@upnjatim.ac.id

Abstrak

Limbah pangan termasuk limbah yang mudah terurai dengan bantuan mikroorganisme. Sebagian besar limbah pangan skala rumah tangga yang dihasilkan belum mendapatkan perlakuan pengolahan limbah dengan baik yang menyebabkan dampak yang merugikan bagi lingkungan. Pengolahan limbah pangan menjadi produk bernilai mutu tinggi salah satunya dengan mengolah menjadi gelatin. Limbah yang memiliki kandungan kolagen yang tinggi merupakan bahan baku untuk menghasilkan gelatin. Salah satu bahan yang dapat digunakan yaitu tulang ceker ayam kampung yang mengandung protein yang tinggi. Proses untuk mengolah tulang ceker ayam kampung menjadi gelatin melalui proses ekstraksi dan hidrolisis kolagen. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui titik optimum konsentrasi pelarut basa dan lama waktu perendaman dalam proses hidrolisis pada tulang ceker ayam kampung terhadap gelatin yang dihasilkan. Titik optimum dapat diketahui berdasarkan hasil yield yang diperoleh dari setiap variabel. Penentuan titik optimum ini dengan menggunakan metode *response surface method* (RSM) yang diperoleh berdasarkan hasil yield tertinggi. Kandungan gelatin pada sampel dianalisis menggunakan FTIR. Kondisi optimal dari proses hidrolisis gelatin dari tulang ceker ayam kampung menggunakan metode RSM, yaitu pada rasio waktu perendaman 3,1121 jam dan konsentrasi pelarut 1,1151 M dihasilkan sebesar 0,4156 gram.

Kata Kunci: Gelatin; Hidrolisis; Limbah; Optimasi; Tulang ayam kampung

Abstract

Food waste includes waste that is easily decomposed with the help of microorganisms. Most of the household-scale food waste produced has not been properly treated for waste treatment, which causes adverse impacts on the environment. Processing food waste into high-quality products, one of which is by processing it into gelatin. Waste with high collagen content is a raw material for producing gelatin. One of the ingredients that can be used is the bone, which contains high protein. The process of converting country chicken bones into gelatin involves extraction and hydrolysis. This study aims to determine the optimum alkaline solvent concentration and soaking time during the hydrolysis process of country chicken bones to the gelatin produced. The optimum condition can be determined based on the yield obtained from each variable. The determination of this optimum condition was using the response surface method (RSM) method based on the highest yield results. The gelatin content in the samples was analyzed using FTIR. The optimal condition of the gelatin hydrolysis process from country chicken bones using the RSM method, namely at the ratio of soaking time of 3.1121 hours and solvent concentration of 1.1151 M was produced at 0.4156 grams.

Keywords: Country chicken bones; Gelatin; Hydrolysis; Optimization; Waste

1. PENDAHULUAN

Pertumbuhan dan perkembangan industri Indonesia akan membantu meningkatkan perekonomian serta dapat mensejahterakan masyarakat Indonesia. Namun di lain sisi, kegiatan industri tersebut menimbulkan dampak buruk bagi lingkungan karena adanya limbah dari hasil samping pengolahan industri. Menurut data dari Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Tahun 2022 dapat dibuktikan bahwa jumlah limbah yang dihasilkan Indonesia sebesar 68,7 juta ton. Dari total limbah tersebut, mayoritas berasal dari limbah pangan sebesar 41,27 %. Menurut Nasir *et al.*, (2016), ada tiga jenis limbah yaitu limbah padat, cair, dan gas. Limbah padat diantaranya berupa plastik, sampah kertas, sisa-sisa bubur hasil olahan produksi dan lain-lain.

Pada industri pangan, limbah padat biasanya berupa sisa kulit bahan baku, tulang-tulang bahan, dan sisa-sisa hasil olahan produksi lainnya. Limbah pangan yang sebagian besar bersifat organik mengandung karbohidrat, lemak, protein, dan garam. Limbah tersebut termasuk yang mudah terurai dengan bantuan mikroorganisme (Wirawan *et al.*, 2017). Hal ini dapat menimbulkan polusi udara dikarenakan bau busuk yang dihasilkan dan dapat mencemari lingkungan sekitar. Menurut Hasibun (2016), sebagian besar limbah yang dihasilkan oleh industri pangan rumah tangga belum mendapatkan perlakuan pengolahan limbah dengan baik, dengan kata lain dibuang begitu saja tanpa pengolahan limbah dan berdampak buruk bagi lingkungan.

Jenis limbah yang mengandung kolagen tinggi dapat diolah menjadi gelatin. Gelatin didapatkan dengan proses ekstraksi serta hidrolisis kolagen yang tidak larut air (Atma, 2016). Gelatin sendiri bisa dihasilkan dari tulang-tulang rawan seperti tulang rawan sapi, ikan, babi. Akan tetapi gelatin yang terbuat dari tulang rawan seperti sapi, kambing ini membutuhkan proses yang lebih lama dan memerlukan air pencucian atau penetralan (bahan kimia) yang lebih banyak. Hal ini menyebabkan biaya gelatin yang semakin mahal dari segi awal persiapan pembuatan gelatin. Sedangkan gelatin dari babi jauh lebih murah dikarenakan babi mudah ternak, dapat makan apa saja termasuk anaknya sendiri dan bisa hidup di mana saja bahkan tempat kotor. Namun, bagi negara yang mayoritas muslim, babi tentu diharamkan. Oleh karena itu, perlu adanya alternatif dalam pembuatan gelatin dengan menggunakan ayam. Gelatin biasanya diaplikasikan di dalam industri makanan dan minuman khususnya dalam produksi makanan yaitu berupa jeli, coklat, es krim, dan permen. Pemanfaatan gelatin digunakan di dalam beberapa industri makanan karena sifatnya yang bisa berperan untuk pembentuk busa, pengental, sebagai zat pengemulsi, retensi kelembaban, serta dapat meningkatkan tekstur untuk makanan.

Pemanfaatan lain gelatin dalam industri farmasi yaitu untuk memberikan perlindungan obat-obatan supaya terhindar dari pengaruh cahaya maupun oksidasi (Sahilah *et al.*, 2016). Pada bidang fotografi, penggunaan gelatin sebagai fotoresepsi yang berguna

untuk mencegah adanya cahaya yang merusak bahan (*coating*) sehingga dapat memperpanjang usia dari foto. Pembuatan gelatin dengan ekstraksi menggunakan metode asam dan basa lebih cocok untuk material optik.

Menurut Dharmayanti (2014), jenis gelatin yang paling baik digunakan yaitu gelatin yang diperoleh dari ikan, karena proses hidrolisisnya yang lebih mudah apabila dibandingkan dengan bahan lain dan memiliki aplikasi yang memperpanjang masa pemakaian lebih lama. Salah satu alternatif untuk pembuatan gelatin yaitu dari tulang ceker ayam. Komponen utama tulang ceker ayam adalah protein yang antara lain tersusun oleh asam amino glisin-prolin, hidroksiprolin-arginin-glisin sebagai komponen utama protein kolagen. Tulang ceker ayam juga mengandung komposisi kimia yang tinggi diantaranya, memiliki kadar air 65%, protein 22,98%, lemak 5,6%, abu 3,49%, dan bahan-bahan lain 2,03% (Hido *et al.*, 2021). Menurut penelitian yang telah dilakukan oleh Choirunnisa & Putranti (2018), tulang ceker ayam tersebut bisa diolah menjadi gelatin dengan proses hidrolisis asam, dimana pelarut yang digunakan adalah asam klorida untuk menghidrolisis kolagen menjadi gelatin. Waktu yang dibutuhkan untuk proses hidrolisis kolagen menjadi gelatin pada proses perendaman yaitu selama 24 jam dengan konsentrasi HCl 5% menghasilkan gelatin sebesar 18,69%. Selain itu, menurut penelitian Febriansyah *et al.* (2019) telah berhasil melakukan pengolahan limbah tulang ceker itik menjadi gelatin melalui proses hidrolisis dengan pelarut basa. Pada proses hidrolisis dengan rendaman pelarut NaOH konsentrasi 3% membutuhkan waktu 24 jam untuk menghasilkan gelatin ceker itik dengan rendemen sebesar 4,77%. Dapat diketahui bahwa konsentrasi pelarut dan waktu perendaman mempengaruhi ekstrak gelatin yang dihasilkan. Namun, belum ada penelitian sebelumnya mengenai studi optimasi pengaruh konsentrasi pelarut basa dan waktu perendaman dalam ekstraksi tulang ceker ayam kampung terhadap gelatin yang dihasilkan. Tulang ceker ayam kampung memiliki kandungan protein yang lebih tinggi dibanding dengan tulang ceker ayam boiler. Hal ini karena tulang ceker ayam kampung umumnya memiliki jaringan tulang yang lebih padat dan kaya akan kolagen untuk mendukung kekuatan dan keelastisitas. Tulang ceker ayam kampung memiliki kandungan kolagen 9,07% (Ballian, 1997).

Dalam studi ini dilakukan optimasi waktu dan konsentrasi pelarut basa dalam proses hidrolisis gelatin dari tulang ceker ayam kampung untuk mengetahui titik optimum proses hidrolisis pada konsentrasi pelarut dan waktu perendaman terhadap perolehan gelatin dari tulang ceker ayam kampung. Penelitian ini diharapkan dapat berkontribusi dalam pengembangan industri pangan berkelanjutan, mengurangi limbah produksi dan menghasilkan alternatif gelatin halal yang aplikatif dalam berbagai produk.

2. BAHAN DAN METODE

Bahan baku tulang ceker ayam kampung diperoleh dari salah satu limbah industri CV Pawon Ibum, Tuban, natrium hidroksida (Merck 99%) dan akuades.

2.1 Pembuatan Gelatin dengan Proses Hidrolisis

2.1.1 Persiapan bahan baku

Tulang ceker ayam kampung dibersihkan terlebih dulu dengan dicuci bersih lalu direbus selama 10 menit. Perlakuan ini dilakukan untuk mempermudah membersihkan sisa-sisa kulit ceker ayam dari tulangnya agar didapatkan ceker tulang ayam yang dibutuhkan. Selanjutnya diambil tulang ceker ayam sebesar 200 gram.

2.1.2 Proses perendaman

Tulang ceker ayam kampung yang telah direbus direndam ke dalam larutan NaOH dengan konsentrasi 0,5; 0,75; 1; 1,25; 1,5 M dan waktu perendaman 1, 2, 3, 4, dan 5 jam. Perendaman ini berfungsi untuk menghidrolisis kolagen sehingga mempermudah kelarutannya saat hidrolisis gelatin.

2.1.3 Proses pengukuran pH

Pengukuran pH menggunakan kertas pH yang dilakukan sebelum dan setelah ceker ayam dimasukkan ke dalam rendaman larutan NaOH dengan selang waktu yang telah ditetapkan. Kemudian ceker ayam diambil dan dicuci berkali-kali hingga pH air cucian netral sekitar 6-7.

2.1.4 Proses ekstraksi

Proses ekstraksi gelatin pada tulang ceker ayam dilakukan dengan sebanyak 2 kali perlakuan awal dan selanjutnya diekstraksi. Perlakuan awal pertama, tulang ceker ayam direbus dalam akuades dengan perbandingan 1: 4 antara tulang ceker ayam kampung dan akuades pada suhu 100°C selama 1 jam.

Perlakuan awal kedua dilakukan perebusan tulang ceker ayam dengan akuades dengan perbandingan 1:2 antara tulang ceker ayam kampung dan akuades pada suhu 100°C selama 30 menit . Selanjutnya dilakukan proses ekstraksi dengan merebus tulang ceker ayam tersebut. Setelah direbus, larutan gelatin disaring dengan kertas saring dan diambil filtratnya untuk dipisahkan.

2.1.5 Proses pengeringan

Filtrat hasil ekstraksi tulang ceker ayam kampung ditempatkan dalam wadah sampel. Setelah itu dikeringkan menggunakan *hotplate* hingga terbentuk kristal gelatin. Kristal gelatin kemudian dihaluskan dengan mortar, lalu ditimbang.

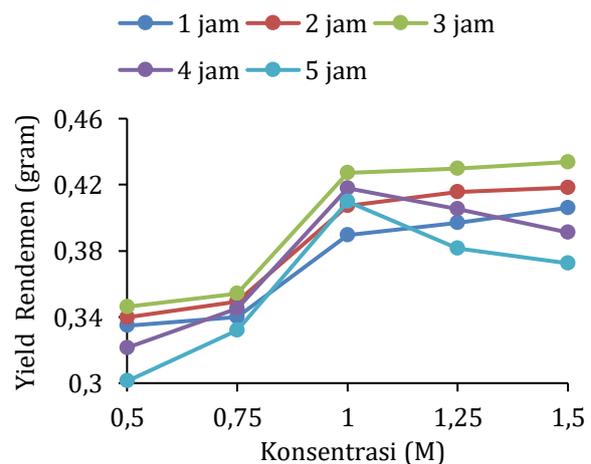
2.2 Responses Surface Method (RSM)

Metode *responses surface method* (RSM) untuk menentukan titik optimum dalam perolehan gelatin (gram). Titik optimum ditentukan berdasarkan kombinasi waktu perendaman (1, 2, 3, 4, dan 5 jam) dan konsentrasi dari larutan NaOH (0,5; 0,75; 1; 1,25; dan 1,5 M), Titik optimum tercapai pada kombinasi

parameter yang memberikan hasil gelatin yang terbesar.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Gambar 1 menunjukkan bahwa hasil rendemen gelatin mengalami kenaikan. Semakin besar konsentrasi NaOH dan semakin lama waktu perendaman maka diperoleh hasil rendemen gelatin yang semakin banyak. Akan tetapi pada konsentrasi 1,25 M dan 1,5 M dengan waktu masing-masing 4 dan 5 jam menunjukkan penurunan. Terjadinya penurunan ini karena konsentrasi NaOH yang semakin tinggi dan waktu perendaman NaOH yang semakin lama akan menurunkan nilai rendemen yang dihasilkan (Putri *et al*, 2023). Menurut Febriansyah *et al*, (2019), Semakin tinggi konsentrasi larutan NaOH akan menghasilkan basa (OH⁻) yang semakin banyak sehingga kolagen terhidrolisis lebih banyak, yang menyebabkan penurunan nilai rendemen. Sedangkan berdasarkan Devi *et al*, (2017), semakin lama waktu perendaman akan mempengaruhi kehilangan komponen kolagen protein yang semakin banyak oleh alkali NaOH. Oleh karena itu sesuai dengan penelitian pada perlakuan konsentrasi 1,25 dan 1,5 M pada waktu 4 dan 5 jam mengalami penurunan.



Gambar 1. Hubungan antara hasil yield rendemen gelatin terhadap konsentrasi pada berbagai waktu

3.1 Proses Optimasi

Data yang diperoleh diolah menggunakan *response surface methodology* (RSM) dengan *central composite design* (CCD) untuk menentukan rumus model kuadratik. Terdapat dua variabel bebas yang diperkirakan mempengaruhi perolehan kristal yaitu konsentrasi pelarut basa (M), dan waktu perendaman (jam). Pengaruh konsentrasi Pelarut basa NaOH, dan waktu perendaman dapat dievaluasi dengan 15 perlakuan seperti pada Tabel 1. Perlakuan tersebut dianalisis menggunakan uji ANOVA seperti pada Tabel 2.

Tabel 1. Perolehan kristal (respon) pada perlakuan dengan konsentrasi pelarut basa, dan waktu perendaman

RUN	Variabel Bebas		Respons
	Konsentrasi Pelarut NaOH (M)	Waktu Perendaman (jam)	Yield Kristal Gelatin dari pengujian XRD (gram)
1	0,5	5	0,3012
2	0,5	1	0,3347
3	0,75	3	0,3542
4	1	2	0,4073
5	1	3	0,4381
6	1	4	0,4179
7	1	3	0,4492
8	1	3	0,4367
9	1	3	0,4375
10	1	3	0,4304
11	1	3	0,4273
12	1	3	0,4293
13	1,25	3	0,4298
14	1,5	1	0,4061
15	1,5	5	0,3724

Berdasarkan Tabel 2 diperoleh *analysis of variance* (ANOVA) untuk menginterpretasikan hubungan antara variabel konsentrasi pelarut basa dan volume perendaman dengan respon kadar gelatin. Keterangan *significant* diperoleh apabila nilai prob-value atau p-value kurang dari 0,05 (5%). Model yang digunakan memiliki pengaruh nyata terhadap respon dikarenakan

memiliki p value sebesar 0,0004 (0,04%). Nilai F-value pada bagian *lack of fit* sebesar 15,05 menyatakan bahwa ketidaktepatan signifikan terhadap *pure error*. Nilai p dari *lack of fit* sebesar 0,0034 menunjukkan model signifikan. Ketidaktepatan yang signifikan menyatakan model tersebut sesuai untuk digunakan. Nilai adj R2 dan pred R2 secara berturut yaitu 0,8953 dan 0,6591 yang berarti memiliki nilai yang *reasonable* dikarenakan selisihnya kurang dari 0,2. Berdasarkan model, *lack of fit*, nilai selisih antara adj R2 dan pred R2, dan nilai *adequate precision* yang telah sesuai dengan persyaratan yang telah ditentukan, maka model RSM ini dapat diaplikasikan. Persamaan yang diperoleh dari model yang terpilih dari terhadap respon kristal gelatin sebagai berikut:

$$Y = 0,044937 + 0,735845 X_1 - 0,003402X_2 \quad (1)$$

Dengan Y adalah kristal gelatin (gram), X1 adalah konsentrasi pelarut basa (M), dan X2 adalah waktu perendaman (Jam).

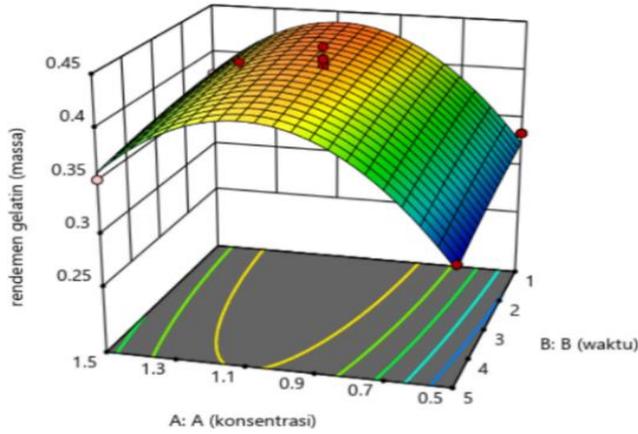
Persamaan tersebut adalah persamaan aktual yang digunakan untuk mengetahui respon kristal gelatin yang diperoleh apabila nilai variabel yang diperlukan berbeda. Bentuk permukaan dari pengaruh konsentrasi pelarut basa dan waktu perendaman dengan respon kristal gelatin dapat di lihat pada Gambar 2.

Model kurva permukaan respon rendemen gelatin dengan variabel waktu perendaman dan konsentrasi pelarut basa terhadap rendemen gelatin. Pada gambar 2 adalah gambar counter 3D yang perubahan warnanya semakin merah dapat mengindikasikan semakin tinggi respon yang dihasilkan, begitu pula sebaliknya jika semakin biru warnanya maka semakin rendah respon yang dihasilkan akibat pengaruh variabel bebas (Perkasa *et al.*, 2021). Perubahan warna menunjukkan bahwa perlakuan penambahan konsentrasi memberikan pengaruh yang signifikan terhadap rendemen gelatin. Apabila variabel dan konsentrasi

Tabel 2. Hasil ANOVA pada rendemen gelatin model kuadratik

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-value	p-value	
Model	0,0242	5	0,0048	15,39	0,0004	Significant
A-Konsentrasi Pelarut Basa	0,0072	1	0,0072	23,03	0,001	Significant
B-Waktu Perendaman	0,0009	1	0,0009	2,71	0,134	not significant
Residual	0,0028	9	0,0003			
Lack of Fit	0,0025	3	0,0008	15,05	0,0034	Significant
Pure Error	0,0003	6	0,0001			
Cor Total	0,027	14				
R ²	0,8953	Adjusted R	0,8371			
Predicted R ²	0,6591	Adeq Precision	12,2644			

pelarut basa terhadap rendemen semakin tinggi, maka rendemen gelatin yang diperoleh akan semakin tinggi. Tetapi pada variabel waktu perendaman, pada grafik menunjukkan adanya penurunan setelah waktu 3 jam, hal ini berpengaruh pada kadar gelatin yang diperoleh semakin rendah. Respon kadar gelatin tertinggi ditunjukkan dengan warna merah dan warna biru menunjukkan respon gelatin yang semakin rendah.



Gambar 2. Kurva konsentrasi basa dan waktu terhadap kristal gelatin yang dihasilkan

Berdasarkan solusi yang didapatkan dari sistem perhitungan Design Expert 13. Titik optimum dengan hasil respon yang terbaik diperoleh pada kombinasi konsentrasi pelarut basa 1,1151 Molar dan Waktu Perendaman yaitu 3,121 Jam. Berdasarkan kombinasi variabel tersebut maka diperoleh kristal gelatin sebesar 0,428 gram.

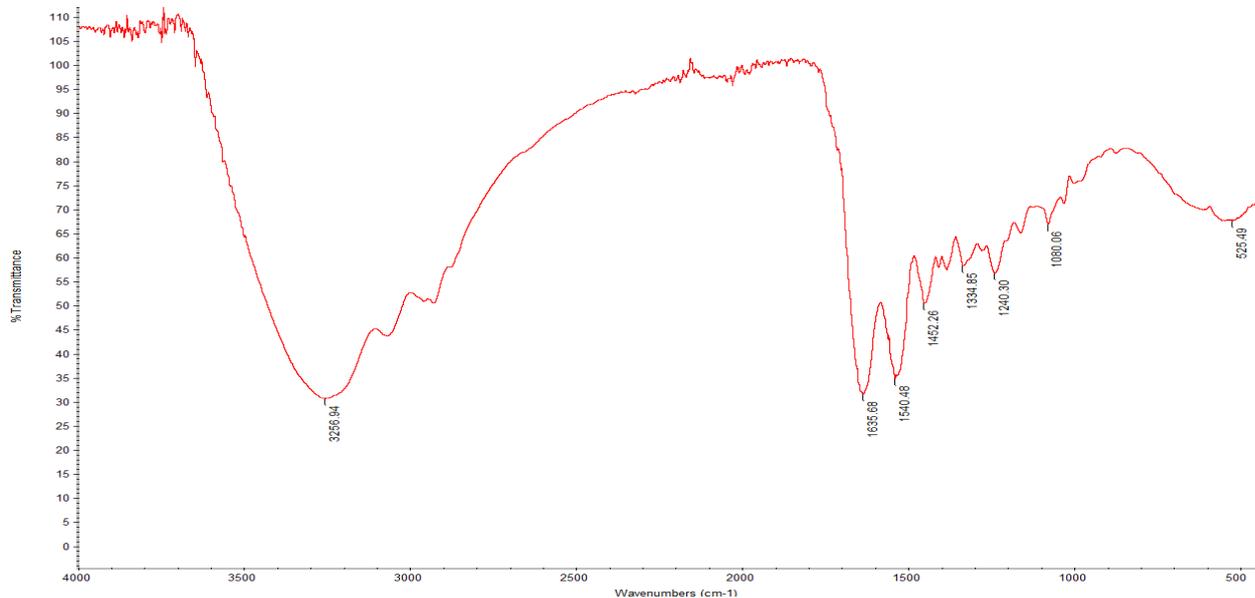
3.2 Analisis Spektrometer FTIR

Analisis FTIR dilakukan untuk memastikan senyawa gelatin yang dihasilkan dengan membandingkan hasil spektrum sampel dengan standar gelatin. Analisis FTIR merupakan teknik analisis yang cepat dan non destruktif, sensitif, dan preparasi sampel yang sederhana, serta penggunaan

reagen kimia dan pelarut dalam jumlah sedikit. Struktur gelatin seperti umumnya protein memiliki gugus karbonil, amina, dan hidroksil. Analisis FTIR digunakan untuk mengetahui gugus fungsi yaitu gugus fungsi khas dari gelatin yang telah diisolasi. Analisis dilakukan pada daerah IR 4000-500 cm⁻¹. 30 Spektrum IR yang dihasilkan merupakan serapan dari berbagai komponen kimia yang terdapat dalam ekstrak gelatin. Kurva puncak serapan khas gelatin dibagi menjadi 4 bagian, yaitu daerah serapan amida A pada 3600-2300 cm⁻¹, amida I pada 1636-1661 cm⁻¹, amida II pada 1560-1335 cm⁻¹, dan amida III pada 1300-1200 cm⁻¹ (Maryam *et al.*, 2019). Rangkuman puncak serapan pada gelatin tulang ceker ayam kampung dan gugus fungsinya dilihat pada Tabel 3 dan kurva spektra FTIR gelatin pada Gambar 3.

Tabel 3. Karakteristik FTIR gugus fungsi gelatin tulang ceker ayam kampung (Maryam, 2019)

Daerah Serapan	Wilayah serapan gelatin (cm ⁻¹)	Bilangan gelombang gelatin tulang ayam kampung (cm ⁻¹)	Keterangan
Amida A	3600-2300	3256,94	OH <i>stretching</i> NH <i>stretching</i>
Amida I	1661-1636	1635,68	C=O <i>stretching</i> NH
Amida II	1560-1335	1540.48	<i>bending</i> CN <i>stretching</i> NH
Amida III	1300-1200	1240.30	<i>bending</i> C=O <i>stretching</i> CH ₂



Gambar 3. Spektra FTIR tulang ceker ayam kampung

Pada kurva serapan amida A menunjukkan serapan melebar pada 3256,94 cm^{-1} . Pada puncak serapan ini NH bebas yang diserap biasanya mempunyai bentuk sempit dan tajam pada 3650–3580 cm^{-1} , dan mereka disebabkan oleh ikatan regangan N–H dari gugus amida yang berasosiasi dengan ikatan hidrogen dan gugus OH. Gugus OH dari hidroksiprolin menunjukkan bentuk puncak yang melebar. Pada Amida I adalah gugus gelatin berikutnya dengan puncak serapan 1661-1636 cm^{-1} . Kurva serapan amida I menunjukkan serapan 1635,68 cm^{-1} , yang disebabkan oleh rengangan ikatan ganda gugus karbonil C=O, *bending* ikatan NH, dan regangan CN. Daerah serapan amida II menunjukkan regangan C=O dan puncak serapan adalah 1560-1335 cm^{-1} . Adanya deformasi ikatan NH dalam protein yang menyebabkan vibrasi amida II. Puncak serapan gelatin tulang ceker ayam kampung adalah 1540,48 cm^{-1} . Hal ini menunjukkan deformasi pada ikatan NH gelatin tulang ceker ayam kampung. Pada Amida III adalah area serapan gelatin terakhir yang puncak serapan antara 1300-1200 cm^{-1} dan terkait dengan struktur *triple helix*. Hasil pengukuran gelatin ini menunjukkan puncak serapan 1240,30 cm^{-1} .

Dari keseluruhan kurva spektra FTIR, gelatin yang berasal dari ekstraksi tulang ceker ayam kampung ini menunjukkan intensitas yang meningkat dari amida A hingga amida II dengan puncak pada amida III yang hampir tidak terlihat. Setelah membandingkan hasil pengukuran FTIR gelatin tulang ceker ayam dan gelatin standar, dapat dilihat bahwa gugus fungsinya sama. Hal ini sudah sesuai dengan teori bahwa gelatin dapat dibuat dari kolagen. Maka dapat disimpulkan bahwa gelatin dari tulang ceker ayam kampung telah sesuai dengan standar baku mutu.

4. KESIMPULAN

Kondisi optimal dari proses hidrolisis gelatin dari tulang ceker ayam kampung menggunakan metode RSM yaitu pada rasio waktu perendaman 3,1121 jam dan konsentrasi pelarut 1,1151 M dihasilkan gelatin sebesar 0,4156 gram

5. DAFTAR PUSTAKA

Atma, Y. (2016). Pemanfaatan limbah ikan sebagai sumber alternatif produksi gelatin dan peptida bioaktif. *Prosiding Semnastek*.

Balian, G., & Bowes, J. H. (1997). The structure and properties of collagen. In A. G. Ward & A. Courts (Eds.), *The science and technology of gelatin* (pp. 1–27). Academic Press Inc.

Choirunnisa, F., & Putranti, W. (2018). Pengaruh perbedaan konsentrasi HCl dan waktu demineralisasi terhadap sifat fisik gel gelatin tulang ceker ayam. *Jurnal Ilmiah Ibnu Sina*, 3(2), 195-204.

Devi, H. L. N. A., Suptijah, P., & Nurilmala, M. (2017). Efektifitas alkali dan asam terhadap mutu kolagen dari kulit ikan patin. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 20(2).

Dharmayanti, A. W. S. (2014). Manfaat ikan teri segar (*Stolephorus* sp) terhadap pertumbuhan tulang dan gigi. *ODONTO: Dental Journal*, 1(2), 52-56.

Febriansyah, R., Pratama, A., & Gumilar, J. (2019). Pengaruh konsentrasi NaOH terhadap rendemen, kadar air dan kadar abu gelatin ceker itik (*Anas platyrhynchos Javanica*). *Jurnal Ilmu dan Teknologi Hasil Ternak (JITEK)*, 14(1), 1-10.

Hasibun, R. (2016). Analisis dampak limbah/sampah rumah tangga terhadap pencemaran lingkungan hidup. *Jurnal Ilmiah Advokasi*, 4(1).

Hido, F., Sompie, M., Pontoh, J. H. W., & Lontaan, N. N. (2021). Pengaruh perbedaan suhu ekstraksi terhadap kekuatan gel, viskositas, dan rendemen gelatin ceker ayam kampung. *Zootec*, 41(2), 451-456.

Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. (2022). *Timbulan sampah di Indonesia*. Diakses dari info3r.menlhk.go.id

Maryam, S., Effendi, N., & Kasmah. (2019). Produksi dan Karakterisasi Gelatin dari Limbah Tulang Ayam dengan Menggunakan Spektrofotometer FTIR. *Majalah Farmaseutik*, 15(2), 96-104.

Nasir, M., Saputro, E. P., & Handayani, S. (2016). Manajemen pengelolaan limbah industri. *Benefit: Jurnal Manajemen dan Bisnis*, 19(2), 143–149.

Perkasa, B. H., Kusnadi, J., & Murtini, E. S. (2021). Optimasi penambahan kitosan dan lama perendaman terhadap fisikokimia cabai keriting (*Capsicum Annuum* L.) menggunakan RSM. *Jurnal Pangan dan Agroindustri*, 9(1), 13-24.

Putri, E. A. W., Hermanianto, J., Hunaefi, D., & Nurilmala, M. (2023). Pengaruh konsentrasi dan waktu perendaman NaOH terhadap karakteristik gelatin kulit ikan patin (*Pangasianodon hypophthalmus*). *Indonesian Fisheries Processing Journal/Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 26(1).

Sahilah, A. M., Liyana, L., Aravindran, S., Aminah, A., & Mohd Khan, A. (2016). Halal authentication in Malaysia context: potential adulteration of non-Halal ingredients in meatballs and surimi products. *International Food Research Journal*, 23(5).

Wirawan, W., Suliana, G., & Iskandar, T. (2017). Pemanfaatan ampas tahu untuk olahan pangan dari limbah pengolahan industri tahu di kelurahan Tunggulwulung kota Malang. *JAPI (Jurnal Akses Pengabdian Indonesia)*, 2(1), 64-70.