

BAB III HASIL

3.1. Penghilangan Senyawa Pengotor Fisik Pada Limbah Ikan

Sebelum dilakukan ekstraksi, terdapat tahap penghilangan senyawa bukan kolagen untuk membersihkan bahan yang akan digunakan. Jenis pelarut serta waktu perendaman untuk *pretreatment* ekstraksi kolagen disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Jenis Pelarut dan Waktu Perendaman untuk *Pretreatment* Ekstraksi Kolagen dari Berbagai Macam Limbah Ikan

| No | Bahan | Pelarut | Waktu Perendaman | Waktu Pergantian Larutan | Daftar Pustaka |
|----|--|-----------------------|------------------|--------------------------|---------------------------------|
| 1 | Kulit Ikan Lele Perak (<i>Pangasius sp.</i>) | 0,1 M NaOH 1:8 (b/v) | 6 jam | 3 jam | (Hukmi & Sarbon, 2018) |
| 2 | Kulit Ikan Lele Perak (<i>Pangasius sp.</i>) | 0,1 M NaOH 1:8 (b/v) | 6 jam | - | (Hadfi & Sarbon, 2019) |
| 3 | Kulit Belut Laut (<i>Evenchelys macrura</i>) | 0,1 M NaOH | 72 jam | - | (Veeruraj <i>et al.</i> , 2013) |
| 4 | Kulit Ikan Nila (<i>Oreochromis niloticus</i>) | 0,1 M NaOH 1:20 (b/v) | 48 jam | - | (Menezes <i>et al.</i> , 2020) |
| 5 | Kulit Ikan Parang-Parang (<i>Chirocentrus dorab</i>) | 0,1 M NaOH 1:10 (b/v) | 12 jam | 2 jam | (Ardhani <i>et al.</i> , 2019) |
| 6 | Kulit Ikan Catla (<i>Catla catla</i>) | 0,1 M NaOH 1:40 (b/v) | 48 jam | 12 jam | (Pal <i>et al.</i> , 2015) |
| 7 | Kulit Ikan Belida Bangkok (<i>Chitala ornate</i>) | 0,1 M NaOH 1:10 (b/v) | 24 jam | - | (Le <i>et al.</i> , 2020) |
| 8 | Kulit, Sirip, dan Sisik Ikan Nila (<i>Oreochromis niloticus</i>) | 0,1 M NaOH 1:30 (b/v) | 48 jam | - | (Barajan <i>et al.</i> , 2013) |
| 9 | Kulit, Sisik, dan Otot Ikan Lemuru (<i>Sardinella longiceps</i>) | 10% NaCl | 24 jam | - | (Srinivasan & Durairaj, 2021) |
| 10 | Kulit dan Sisik Ikan Gabus (<i>Channa striata</i>) | 0,1 M NaOH 1:8 (b/v) | 6 jam | 3 jam | (Truong <i>et al.</i> , 2021) |
| 11 | Sisik Ikan Sarden (<i>Sardinella fimbriata</i>) | 0,1 M NaOH 1:2 (b/v) | 6 jam | 3 jam | (Hamdan & Sarbon, 2019) |

| No | Bahan | Pelarut | Waktu Perendaman | Waktu Pergantian Larutan | Daftar Pustaka |
|----|--|---|------------------|--------------------------|--------------------------------------|
| 12 | Sisik Ikan Lemuru (<i>Sardinella longiceps</i>) | 10% NaCl | 24 jam | - | (Muthumari <i>et al.</i> , 2016) |
| 13 | Sisik Ikan Mas (<i>Cyprinus carpio</i>) | 1,0 M NaCl, 0,05 M Tris HCl, 20 mM EDTA | 72 jam | - | (Bhagwat & Dandge, 2016) |
| 14 | Sisik Ikan Mas (<i>Cyprinus carpio</i>) | 10% NaCl | 24 jam | - | (F. Zhang <i>et al.</i> , 2011) |
| 15 | Sisik Ikan Nila (<i>Oreochromis niloticas</i>) | 10% NaCl 1:10 (b/v) | 24 jam | - | (El-Rashidy <i>et al.</i> , 2015) |
| 16 | Sisik Ikan Mola (<i>Hypophthalmichthys molitrix</i>) | 0,1 M NaOH 1:20 (b/v) | 24 jam | - | (Wu <i>et al.</i> , 2019) |
| 17 | Sirip Ikan Layang (<i>Decapterus macrosoma</i>) | 0,1 M NaOH 1:8 (b/v) | 6 jam | 3 jam | (Sulaiman & Sarbon, 2020) |
| 18 | Sirip Tuna Sirip Biru Atlantik (<i>Thunnus thynnus</i>) | 0,1 M NaOH | 72 jam | 24 jam | (Cutajar <i>et al.</i> , 2022) |
| 19 | Sirip Ikan Hiu Anjing Pemburu Halus (<i>Mustelus mustelus</i>) | 0,1 M NaOH 1:10 (b/v) | 48 jam | - | (Slimane & Sadok, 2018) |
| 20 | Tulang Ikan Taring Merah (<i>Odonus niger</i>) | 0,1 M NaOH 1:10 (b/v) | 72 jam | 24 jam | (Muralidharan <i>et al.</i> , 2013) |
| 21 | Tulang Bawal Bintang (<i>Trachinotus blochii</i>) | 0,1 M NaOH 1:10 (b/v) | 48 jam | 12 jam | (Cao <i>et al.</i> , 2019) |
| 22 | Gelembung Renang dan Perut Ikan Tuna Sirip Kuning (<i>Thunnus albacares</i>) | 0,15 M NaOH 1:10 (b/v) | 2 jam | 1 jam | (Kaewdang <i>et al.</i> , 2014) |
| 23 | Gelembung Renang Ikan Kod (<i>Gadus Morhua</i>) | 0,15 M NaOH 1:10 (b/v) | 3 jam | 1 jam | (Sousa, Alves, <i>et al.</i> , 2020) |

- = tidak ditemukan di jurnal

Berdasarkan Tabel 2. dapat diketahui bahwa penghilangan senyawa pengotor fisik pada limbah ikan menggunakan berbagai jenis limbah, pelarut, dan waktu yang berbeda. Limbah yang paling mudah untuk dibersihkan secara berturut-turut adalah gelembung renang dan perut ikan, kulit, sisik, sirip, lalu tulang ikan. Waktu perendaman tersingkat adalah 2 jam pada limbah Gelembung Renang dan Perut Ikan Tuna Sirip Kuning (*Thunnus*

albacares) dengan pelarut 0,15 M NaOH dan yang terlama 72 jam pada limbah Tulang Ikan Taring Merah (*Odonus niger*) dengan pelarut 0,1 M NaOH. Waktu pergantian larutan untuk perendaman limbah dilakukan sebanyak 2-4 kali.

3.2. Penghilangan Lemak dan Mineral Pada Limbah Ikan

Setelah dilakukan tahap penghilangan senyawa bukan kolagen selanjutnya dilakukan penghilangan lemak dan mineral pada limbah ikan yang disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Jenis Pelarut dan Perendaman untuk Menghilangkan Lemak dan Mineral Pengotor

| No | Bahan | Senyawa Pengotor | Pelarut | Waktu Perendaman | Waktu Pergantian Larutan | Daftar Pustaka |
|----|--|------------------|----------------------------|------------------|--------------------------|----------------------------------|
| 1 | Kulit Ikan Lele Perak (<i>Pangasius sp.</i>) | Lemak | 10% Butanol 1:10 (b/v) | 24 jam | 12 jam | (Hukmi & Sarbon, 2018) |
| 2 | Kulit Ikan Lele Perak (<i>Pangasius sp.</i>) | Lemak | 10% Butanol | 24 jam | 8 jam | (Hadfi & Sarbon, 2019) |
| 3 | Kulit Ikan Nila (<i>Oreochromis sp.</i>) | Mineral | 0,8 M NaCl 1:5 (b/v) | 72 jam | - | (Nurhayati <i>et al.</i> , 2013) |
| 4 | Kulit Ikan Nila (<i>Oreochromis niloticus</i>) | Mineral | 20% Ethanol 1:20 (b/v) | 24 jam | - | (Menezes <i>et al.</i> , 2020) |
| 5 | Kulit Belut Laut (<i>Evenchelys macrura</i>) | Lemak | 10% n-Butanol 1:8 | 48 jam | - | (Veeruraj <i>et al.</i> , 2013) |
| 6 | Kulit Ikan Parang-Parang (<i>Chirocentrus dorab</i>) | Mineral | 1 M NaCl | 12 jam | - | (Ardhani <i>et al.</i> , 2019) |
| 7 | Kulit Ikan Catla (<i>Catla catla</i>) | Lemak | 10% Butanol | 24 jam | - | (Pal <i>et al.</i> , 2015) |
| 8 | Kulit Ikan Belida Bangkok (<i>Chitala ornate</i>) | Lemak | 1.1 M Butanol 1:10 (b/v) | 24 jam | - | (Le <i>et al.</i> , 2020) |
| 9 | Kulit, Sisik, dan Otot Ikan Lemuru (<i>Sardinella longiceps</i>) | Mineral, Lemak | 0,4 M HCl, dan 10% Butanol | 90 menit | - | (Srinivasan & Durairaj, 2021) |
| 10 | Kulit dan Sisik Ikan Gabus (<i>Channa striata</i>) | Mineral | 0,8 M EDTA-2Na | 24 jam | 12 jam | (Truong <i>et al.</i> , 2021) |
| 11 | Sisik Ikan Sarden (<i>Sardinella fimbriata</i>) | Mineral | 0,5 M EDTA | 24 jam | 12 jam | (Hamdan & Sarbon, 2019) |

| No | Bahan | Senyawa Pengotor | Pelarut | Waktu Perendaman | Waktu Pergantian Larutan | Daftar Pustaka |
|----|--|------------------|---------------------------|------------------|--------------------------|--------------------------------------|
| 12 | Sisik Ikan Lemuru (<i>Sardinella longiceps</i>) | Mineral | 0,4 M HCl 1:15 (b/v) | 90 menit | - | (Muthumari <i>et al.</i> , 2016) |
| 13 | Sisik Ikan Mas (<i>Cyprinus carpio</i>) | Mineral | 0,5 M EDTA | 48 jam | - | (Bhagwat & Dandge, 2016) |
| 14 | Sisik Ikan Mas (<i>Cyprinus carpio</i>) | Mineral | 0,4 M HCl 1:15 (b/v) | 90 menit | - | (F. Zhang <i>et al.</i> , 2011) |
| 15 | Sisik Ikan Nila (<i>Oreochromis niloticas</i>) | Mineral | 0,4 M HCl 1:15 (b/v) | 90 menit | - | (El-Rashidy <i>et al.</i> , 2015) |
| 16 | Sisik Ikan Mola (<i>Hypophthalmichthys molitrix</i>) | Mineral | 0,6 M HCl 1:20 (b/v) | 1 jam | - | (Wu <i>et al.</i> , 2019) |
| 17 | Sirip Ikan Layang (<i>Decapterus macrosoma</i>) | Mineral | 0,5 M EDTA | 24 jam | 12 jam | (Sulaiman & Sarbon, 2020) |
| 18 | Sirip Tuna Sirip Biru Atlantik (<i>Thunnus thynnus</i>) | Mineral, Lemak | 0,5 M EDTA, 10% butanol | 72 jam | 24 jam | (Cutajar <i>et al.</i> , 2022) |
| 19 | Sirip Ikan Hiu Anjing Pemburu Halus (<i>Mustelus mustelus</i>) | Lemak | 10% Butanol 1:10 (b/v) | 24 jam | - | (Slimane & Sadok, 2018) |
| 20 | Tulang Ikan Taring Merah (<i>Odonus niger</i>) | Mineral | 0,8 M NaCl 1:6 (b/v) | 10 menit | - | (Muralidharan <i>et al.</i> , 2013) |
| 21 | Tulang Bawal Bintang (<i>Trachinotus blochii</i>) | Mineral | 0,5 M EDTA 1:20 (b/v) | 72 jam | 24 jam | (Cao <i>et al.</i> , 2019) |
| 22 | Gelembung Renang dan Perut Ikan Tuna Sirip Kuning (<i>Thunnus albacares</i>) | Lemak | 10% Butanol 1:10 (b/v) | 12 jam | 3 jam | (Kaewdang <i>et al.</i> , 2014) |
| 23 | Gelembung Renang Ikan Kod (<i>Gadus Morhua</i>) | Lemak | 10% 2-Propanol 1:10 (b/v) | 24 jam | - | (Sousa, Alves, <i>et al.</i> , 2020) |

- = tidak ditemukan di jurnal

Berdasarkan Tabel 3. dapat diketahui bahwa penghilangan lemak dan mineral pada limbah ikan menggunakan jenis limbah, pelarut, dan waktu yang berbeda. Limbah yang paling mudah dibersihkan secara berturut turut yaitu tulang ikan, sisik, gelembung renang dan perut ikan, sirip, lalu kulit ikan. Senyawa pengotor lemak dibersihkan menggunakan pelarut 10% butanol dan 2-propanol sedangkan mineral menggunakan NaCl, HCl, dan EDTA. Waktu perendaman tersingkat adalah 10 menit pada limbah tulang ikan taring merah (*Odonus niger*) dengan pelarut 0,8 M NaCl dan

yang terlama 72 jam pada limbah tulang bawal bintang (*Trachinotus blochii*) dengan pelarut 0,5 M EDTA. Waktu pergantian larutan untuk perendaman limbah dilakukan sebanyak 2-4 kali.

3.3. Ekstraksi Kolagen Limbah Ikan Metode ASC

Pada metode ASC terdapat beberapa limbah yang digunakan serta terdapat 4 parameter penting yang digunakan yaitu pelarut, suhu, pH, dan waktu. Kemudian diketahui hasil ekstraksi yang digunakan untuk menentukan hasil ekstraksi yang paling optimal. Perbandingan hasil ekstraksi kolagen pada limbah ikan menggunakan metode ASC dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Perbandingan Hasil Ekstraksi Kolagen Pada Limbah Ikan Dengan Metode ASC

| No | Bahan | Jenis Ikan | Kondisi Ekstraksi | | | | | Waktu (jam) | Hasil Ekstraksi (yields %) | Daftar Pustaka |
|----|---|------------|------------------------------------|-----------------------------------|-----|---------------------|----------------------|-------------|----------------------------|----------------------------------|
| | | | Perbandingan / Rasio Pelarut (b/v) | Pelarut | pH | Suhu Ekstraksi (°C) | Suhu Denaturasi (°C) | | | |
| 1 | Kulit Ikan Lele Perak (<i>Pangasius sp.</i>) | Air tawar | 1:10 | 0,5 M CH ₃ COOH, NaCl | 4 | 4 | - | 36 | 4,27±0,06 | (Hukmi & Sarbon, 2018) |
| 2 | Kulit Ikan Lele Perak (<i>Pangasius sp.</i>) | Air tawar | 1:10 | 0,5 M CH ₃ COOH, NaCl | 4 | 4 | 36 | 36 | 10.94±0.38 | (Hadfi & Sarbon, 2019) |
| 3 | Kulit Ikan Nila (<i>Oreochromis sp.</i>) | Air tawar | 1:10 | 0,5 M CH ₃ COOH, NaCl | 5,8 | 5 | 28 | 72 | 5,32 | (Nurhayati <i>et al.</i> , 2013) |
| 4 | Kulit Ikan Nila (<i>Oreochromis niloticus</i>) | Air tawar | - | 0,35 M CH ₃ COOH, NaCl | 5,8 | 4 | 33,5 | 65 | 34 | (Menezes <i>et al.</i> , 2020) |
| 5 | Kulit Ikan Belut Laut (<i>Evenchelys macrura</i>) | Air laut | 1:3 | 0,5 M CH ₃ COOH, NaCl | 4 | 4 | 38,5 | 120 | 9 | (Veeruraj <i>et al.</i> , 2013) |

| No | Bahan | Jenis Ikan | Kondisi Ekstraksi | | | | | | Daftar Pustaka | |
|----|--|------------------|------------------------------------|--|----------|---------------------|----------------------|-------------|-------------------|----------------------------------|
| | | | Perbandingan / Rasio Pelarut (b/v) | Pelarut | pH | Suhu Ekstraksi (°C) | Suhu Denaturasi (°C) | Waktu (jam) | | Hasil Ekstraksi (yields %) |
| 6 | Kulit Ikan Parang-Parang (<i>Chirocentrus dorab</i>) | Air laut | 1:10 | 0,5 M CH ₃ COOH, NaCl | - | 4 | - | 48 | 0,9 | (Ardhani <i>et al.</i> , 2019) |
| 7 | Kulit Ikan Catla (<i>Catla catla</i>) | Air tawar | 1:60 | 0,5 M CH₃COOH, NaCl | - | 4 | 35,19 | 72 | 63,40±1,27 | (Pal <i>et al.</i>, 2015) |
| 8 | Kulit Ikan Belida Bangkok (<i>Chitala ornate</i>) | Air tawar | - | 0,5 M CH ₃ COOH, NaCl, 0,05 M | 1 | 4 | 33,1 | 96 | 16,4 | (Le <i>et al.</i> , 2020) |
| 9 | Kulit, Sirip, dan Sisik Ikan Nila (<i>Oreochromis niloticus</i>) | Air tawar | - | 0,5 M dan 0,1 M CH ₃ COOH | - | 4-6 | 32 | 42 | 22 | (Barajan <i>et al.</i> , 2013) |
| 10 | Kulit, Sisik, dan Otot Ikan Lemuru (<i>Sardinella longiceps</i>) | Air tawar | - | 0,5 M dan 0,1 M CH ₃ COOH, 0,7 M NaCl | - | 4 | - | 96 | 43,7 | (Srinivasan & Durairaj, 2021) |
| 11 | Kulit dan Sisik Ikan Gabus (<i>Channa striata</i>) | Air tawar | - | 0,5 M CH ₃ COOH, NaCl | 2 | 4 | 35,78 | 72 | 13,6 | (Truong <i>et al.</i> , 2021) |
| 12 | Sisik Ikan Sarden (<i>Sardinella fimbriata</i>) | Air laut | 1:2 | 0,5 M CH ₃ COOH, NaCl | 6 | 4 | - | 36 | 7,48 ± 4,48 | (Hamdan & Sarbon, 2019) |
| 13 | Sisik Ikan Lemuru (<i>Sardinella longiceps</i>) | Air tawar | - | 0,5 M CH ₃ COOH, NaCl | - | 4 | - | 96 | 1,25 | (Muthumari <i>et al.</i> , 2016) |
| 14 | Sisik Ikan Mas (<i>Cyprinus carpio</i>) | Air tawar | - | 0,5 M CH ₃ COOH, NaCl | 2,5 | 4 | 37 | 72 | 9,79 | (Bhagwat & Dandge, 2016) |
| 15 | Sisik Ikan Mas (<i>Cyprinus carpio</i>) | Air tawar | - | 0,5 M CH ₃ COOH, NaCl | - | 4 | 32,9 | 72 | 44,7 | (F. Zhang <i>et al.</i> , 2011) |

| No | Bahan | Jenis Ikan | Kondisi Ekstraksi | | | | | | Daftar Pustaka | |
|----|--|------------|------------------------------------|--|-----|---------------------|----------------------|-------------|----------------|--------------------------------------|
| | | | Perbandingan / Rasio Pelarut (b/v) | Pelarut | pH | Suhu Ekstraksi (°C) | Suhu Denaturasi (°C) | Waktu (jam) | | Hasil Ekstraksi (yields %) |
| 16 | Sisik Ikan Mola (<i>Hypophthalmichthys molitrix</i>) | Air tawar | 1:20 | 0,5 M CH ₃ COOH, NaCl | - | 4 | 34,26 | 48 | 5,09 | (Wu <i>et al.</i> , 2019) |
| 17 | Sirip Ikan Layang (<i>Decapterus macrosoma</i>) | Air laut | 1:10 | 0,5 M CH ₃ COOH, NaCl | 1 | 4 | -- | 36 | 3,35±3,4 | (Sulaiman & Sarbon, 2020) |
| 18 | Sirip Tuna Sirip Biru Atlantik (<i>Thunnus thynnus</i>) | Air laut | - | 0,1 M CH ₃ COOH, 2,5 M NaCl, 0,3% H ₂ O ₂ | 2,2 | 4 | - | 48 | 4,9 | (Cutajar <i>et al.</i> , 2022) |
| 19 | Sirip Ikan Hiu Anjing Pemburu Halus (<i>Mustelus mustelus</i>) | Air laut | 1:10 | 0,5 M CH ₃ COOH, NaCl | - | 4 | 26,68 | 72 | 23,07 | (Slimane & Sadok, 2018) |
| 20 | Tulang Ikan Taring Merah (<i>Odonus niger</i>) | Air tawar | - | 0,5 M CH ₃ COOH, NaCl | - | 4 | 31 | 48 | 50 | (Muralidharan <i>et al.</i> , 2013) |
| 21 | Gelembung Renang dan Perut Ikan Tuna Sirip Kuning (<i>Thunnus albacares</i>) | Air laut | 1:10 | 0,5 M CH ₃ COOH, NaCl | 6,5 | 4 | 32,97 | 48 | 1,07 | (Kaewdang <i>et al.</i> , 2014) |
| 22 | Gelembung Renang Ikan Kod (<i>Gadus Morhua</i>) | Air laut | 1:10 | 0,5 M CH ₃ COOH, NaCl | - | 4 | 29,6 | 72 | 5,72 | (Sousa, Alves, <i>et al.</i> , 2020) |

- = tidak ditemukan di jurnal

Berdasarkan Tabel 4. Limbah yang paling efektif untuk diekstraksi secara berturut-turut adalah kulit, tulang, sisik, sirip, gelembung renang dan perut ikan. Pelarut yang paling efektif untuk ekstraksi secara berturut-turut adalah 0,5 M CH₃COOH, NaCl, dan H₂O₂. Limbah dapat diekstraksi pada rentang pH 1-6,5 dengan suhu ekstraksi yang digunakan 4-6°C dan didapatkan rentang denaturasi yang terjadi pada suhu 26,68°C - 38,5°C

serta rentang hasil ekstraksi yang didapatkan 0,9% - 63,40±1,27%. Hasil ekstraksi tertinggi terdapat pada limbah kulit ikan catla (*Catla catla*) menggunakan pelarut 0,5 M CH₃COOH 1:60 (b/v) dan NaCl dengan suhu 4°C selama 72 jam, dan diketahui suhu denaturasi 35,19°C. Sedangkan hasil ekstraksi terendah terdapat pada limbah kulit ikan parang-parang (*Chirocentrus dorab*) menggunakan pelarut 0,5 M CH₃COOH 1:10 (b/v) dan NaCl dengan suhu 4°C selama 48 jam.

3.4. Ekstraksi Kolagen Limbah Ikan Metode PSC

Pada metode PSC terdapat beberapa limbah yang digunakan serta terdapat 4 parameter penting yang digunakan yaitu pelarut, suhu, pH, dan waktu. Kemudian diketahui hasil ekstraksi yang digunakan untuk menentukan hasil ekstraksi yang paling optimal. Perbandingan hasil ekstraksi kolagen pada limbah ikan menggunakan metode PSC dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Perbandingan Hasil Ekstraksi Kolagen Pada Limbah Ikan Dengan Metode PSC

| No | Bahan | Jenis Ikan | Kondisi Ekstraksi | | | | | Waktu (jam) | Hasil Ekstraksi (yields %) | Daftar Pustaka |
|----|---|------------|------------------------------------|--|----|---------------------|----------------------|-------------|----------------------------|----------------------------------|
| | | | Perbandingan / Rasio Pelarut (b/v) | Pelarut | pH | Suhu Ekstraksi (°C) | Suhu Denaturasi (°C) | | | |
| 1 | Kulit Ikan Lele Perak (<i>Pangasius sp.</i>) | Air tawar | 1:8 | 0,5 M CH ₃ COOH 1,5% pepsin, NaCl | 1 | 4 | - | 42 | 2,27±0,16 | (Hukmi & Sarbon, 2018) |
| 2 | Kulit Ikan Belut Laut (<i>Evenchelys macrura</i>) | Air laut | 1:3 | 0,5 M CH ₃ COOH 10% pepsin, NaCl | 3 | 4 | 35 | 120 | 4,7 | (Veeruraj <i>et al.</i> , 2013) |
| 3 | Kulit Ikan Catla (<i>Catla catla</i>) | Air tawar | 1:60 | 0,5 M CH₃COOH, 0,2% pepsin, NaCl | - | 4 | 30,69 | 48 | 69,53±0,92 | (Pal <i>et al.</i>, 2015) |
| 4 | Kulit Bawal Bintang (<i>Trachinotus blochii</i>) | Air laut | 1:40 | 0,5 M CH ₃ COOH, 1% pepsin, NaCl | 3 | 4 | 37,04 | 48 | 21,81 | (Cao <i>et al.</i> , 2019) |

| No | Bahan | Jenis Ikan | Kondisi Ekstraksi | | | | | | Daftar Pustaka | |
|----|--|------------|------------------------------------|---|----|---------------------|----------------------|-------------|----------------|-----------------------------------|
| | | | Perbandingan / Rasio Pelarut (b/v) | Pelarut | pH | Suhu Ekstraksi (°C) | Suhu Denaturasi (°C) | Waktu (jam) | | Hasil Ekstraksi (yields %) |
| 5 | Kulit, Sirip, dan Sisik Ikan Nila (<i>Oreochromis niloticus</i>) | Air tawar | - | 0,5 M dan 0,1 M CH ₃ COOH, 0,1% pepsin | - | 4-6 | 29 | 30 | 60 | (Barajan <i>et al.</i> , 2013) |
| 6 | Kulit, Sisik, dan Otot Ikan Lemuru (<i>Sardinella longiceps</i>) | Air tawar | - | 0,5 M dan 0,5 M CH ₃ COOH, 1,5% pepsin | - | 4 | - | 96 | 63,7 | (Srinivasan & Durairaj, 2021) |
| 7 | Sisik Ikan Sarden (<i>Sardinella fimbriata</i>) | Air laut | - | 0,5 M CH ₃ COOH 1,5% pepsin, NaCl | 7 | 4 | - | 42 | 0,94 ± 0,22 | (Hamdan & Sarbon, 2019) |
| 8 | Sisik Ikan Lemuru (<i>Sardinella longiceps</i>) | Air tawar | 1:15 | 0,5 M CH ₃ COOH, pepsin | - | 4 | - | 96 | 3 | (Muthumari <i>et al.</i> , 2016) |
| 9 | Sisik Ikan Mas (<i>Cyprinus carpio</i>) | Air tawar | - | 0,5 M CH ₃ COOH, 0,5% pepsin, NaCl | - | 4 | 29 | 72 | 47,2 | (F. Zhang <i>et al.</i> , 2011) |
| 10 | Sisik Ikan Nila (<i>Oreochromis niloticas</i>) | Air tawar | - | 0,5 M CH ₃ COOH, 1% pepsin, 1 M NaCl | - | 4 | 32 | 96 | 0,5 | (El-Rashidy <i>et al.</i> , 2015) |
| 11 | Sisik Ikan Mola (<i>Hypophthalmichthys molitrix</i>) | Air tawar | - | 0,5 M CH ₃ COOH, pepsin, NaCl | - | 4 | 34,47 | 48 | 12,06 | (Wu <i>et al.</i> , 2019) |
| 12 | Sirip Ikan Layang (<i>Decapterus macrostoma</i>) | Air laut | 1:10 | 0,5 M CH ₃ COOH, 1,5% pepsin, NaCl | 2 | 4 | - | 42 | 0,10±0,1 | (Sulaiman & Sarbon, 2020) |
| 13 | Sirip Tuna Sirip Biru Atlantik (<i>Thunnus thynnus</i>) | Air laut | - | 0,5 M CH ₃ COOH, pepsin, NaCl | - | 4 | - | 72 | 16,6 | (Cutajar <i>et al.</i> , 2022) |

| No | Bahan | Jenis Ikan | Kondisi Ekstraksi | | | | | | Daftar Pustaka | |
|----|--|------------|------------------------------------|---|------|---------------------|----------------------|-------------|----------------|--------------------------------------|
| | | | Perbandingan / Rasio Pelarut (b/v) | Pelarut | pH | Suhu Ekstraksi (°C) | Suhu Denaturasi (°C) | Waktu (jam) | | Hasil Ekstraksi (yields %) |
| 14 | Sirip Ikan Hiu Anjing Pemburu Halus (<i>Mustelus mustelus</i>) | Air laut | 1:10 | 0,5 M CH ₃ COOH, 1% pepsin, NaCl | - | 4 | 26,66 | 72 | 35,27 | (Slimane & Sadok, 2018) |
| 15 | Tulang Ikan Taring Merah (<i>Odonus niger</i>) | Air tawar | - | 0,5 M CH ₃ COOH, 0,1% pepsin, NaCl | - | 4 | 32 | 48 | 67 | (Muralidharan <i>et al.</i> , 2013) |
| 16 | Tulang Bawal Bintang (<i>Trachinotus blochii</i>) | Air laut | 1:40 | 0,5 M CH ₃ COOH, 1% pepsin, NaCl | 3 | 4 | 38,23 | 48 | 1,25 | (Cao <i>et al.</i> , 2019) |
| 17 | Gelembung Renang dan Perut Ikan Tuna Sirip Kuning (<i>Thunnus albacares</i>) | Air laut | 1:10 | 0,5 M CH ₃ COOH, pepsin, NaCl | 5,93 | 4 | 33,92 | 48 | 12,10 | (Kaewdang <i>et al.</i> , 2014) |
| 18 | Gelembung Renang Ikan Kod (<i>Gadus Morhua</i>) | Air laut | 1:10 | 0,5 M CH ₃ COOH, NaCl, 10% pepsin | - | 4 | 29,6 | 72 | 11,14 | (Sousa, Alves, <i>et al.</i> , 2020) |

- = tidak ditemukan di jurnal

Berdasarkan Tabel 5. Limbah yang paling efektif untuk diekstraksi secara berturut-turut adalah kulit, tulang, sisik, sirip, gelembung renang dan perut ikan. Pelarut yang selalu digunakan untuk ekstraksi adalah 0,5 M CH₃COOH, pepsin, dan NaCl. Limbah dapat diekstraksi pada rentang pH 1-7 dengan suhu ekstraksi yang digunakan 4-6°C dan didapatkan rentang denaturasi yang terjadi pada suhu 26,66°C - 38,23°C serta rentang hasil ekstraksi yang didapatkan 0,10±0,1% - 69,53±0,92%. Hasil ekstraksi tertinggi terdapat pada limbah Kulit Ikan Catla (*Catla catla*) menggunakan pelarut 0,5 M CH₃COOH 1:60 (b/v), 0,2% pepsin, dan NaCl dengan suhu 4°C selama 48 jam serta diketahui suhu denaturasi 30,69°C. Sedangkan hasil ekstraksi terendah terdapat pada limbah sirip ikan layang (*Decapterus macrosoma*) menggunakan pelarut 0,5 M CH₃COOH 1,5% pepsin, dan NaCl dengan suhu 4°C selama 42 jam.

3.5. Kandungan Asam Amino Kolagen

Pada tabel dibawah ini berisi tentang perbandingan komposisi asam amino dengan ekstraksi ASC dan PSC. Perbandingan komposisi asam amino kolagen dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Komposisi Asam Amino Penyusun Kolagen

| Asam Amino | Jumlah Asam Amino/1000 Rantai Asam Amino | | | | | | | | | |
|----------------|---|--|--|---|---|--|--|---|---|---|
| | ASC | | | | | PSC | | | | |
| | Kulit Ikan Belida Bangkok (Le <i>et al.</i> , 2020) | Gelembung Renang Ikan Kod (Sousa, Alves, <i>et al.</i> , 2020) | Kulit dan Sisik Ikan Gabus (Truong <i>et al.</i> , 2021) | Kulit Ikan Belut Laut (Veeruraj <i>et al.</i> , 2013) | Sisik Ikan Mola (Wu <i>et al.</i> , 2019) | Tulang Ikan Taring Merah (Muralidharan <i>et al.</i> , 2013) | Gelembung Renang Ikan Kod (Sousa, Alves, <i>et al.</i> , 2020) | Tulang Bawal Bintang (Cao <i>et al.</i> , 2019) | Kulit Ikan Belut Laut (Veeruraj <i>et al.</i> , 2013) | Sisik Ikan Mola (Wu <i>et al.</i> , 2019) |
| Aspartic Acid | 44 | 50 | 49±2 | 60 | 44 | 51,5 | 51 | 43,9 | 56 | 43 |
| Threonine | 23 | 21 | 21±2 | 24 | 23 | 24,7 | 22 | 24,6 | 22 | 23 |
| Serine | 35 | 66 | 36±3 | 31 | 32 | 29,6 | 72 | 31,5 | 36 | 32 |
| Glautamic acid | 74 | 73 | 76±4 | 80 | 66 | 35,8 | 71 | 70,5 | 83 | 66 |
| Glycine | 337 | 337 | 314±9 | 278 | 341 | 356,8 | 338 | 343,3 | 263 | 344 |
| Alanine | 94 | 122 | 91±6 | 125 | 123 | 95,1 | 126 | 130,1 | 117 | 123 |
| Valine | 23 | 13 | 23±1 | 28 | 17 | 12,1 | 14 | 21 | 23 | 17 |
| Cysteine | 1 | 3 | 2±1 | 12 | 0 | - | 3 | 0,7 | 15 | 0 |
| Methionine | 35 | 19 | 12±2 | BDL | 14 | 11,2 | 20 | 9,5 | 18 | 14 |
| Tryptophan | ND | - | 0 | ND | - | - | - | - | 2 | - |
| Isoleucine | 6 | 8 | 9±2 | 8 | 11 | 11,5 | 8 | 9,7 | 26 | 10 |
| Leucine | 25 | 21 | 24±3 | 9 | 22 | 17,2 | 21 | 21,8 | 13 | 21 |
| Tyrosine | 2 | 4 | 4±1 | 3 | 4 | 24,1 | 4 | 2,3 | 3 | 3 |
| Phenylalanine | 11 | 18 | 17±2 | 5 | 14 | 25,8 | 17 | 12,9 | 3 | 13 |
| Hydroxylysine | 6 | 6 | 6±1 | 4 | 7 | - | 6 | - | 6 | 7 |
| Lysine | 24 | 27 | 30±3 | 76 | 26 | 52,8 | 25 | 25,9 | 60 | 26 |
| Histidine | 5 | 6 | 6±1 | 3 | 5 | 10,5 | 6 | 5,7 | 4 | 5 |
| Arginine | 55 | 46 | 54±2 | 56 | 51 | 51,0 | 41 | 54,1 | 40 | 51 |
| Hydroxyproline | 86 | 54 | 95±4 | 94 | 81 | 87,2 | 53 | 77,5 | 98 | 83 |
| Proline | 114 | 94 | 131±6 | 96 | 119 | 103,1 | 88 | 120,3 | 102 | 119 |
| Asparagine | - | - | - | 8 | - | - | - | - | 5 | - |

| Asam Amino | Jumlah Asam Amino/1000 Rantai Asam Amino | | | | | | | | | |
|--------------------|---|--|--|---|---|--|--|---|---|---|
| | ASC | | | | | PSC | | | | |
| | Kulit Ikan Belida Bangkok (Le <i>et al.</i> , 2020) | Gelembung Renang Ikan Kod (Sousa, Alves, <i>et al.</i> , 2020) | Kulit dan Sisik Ikan Gabus (Truong <i>et al.</i> , 2021) | Kulit Ikan Belut Laut (Veeruraj <i>et al.</i> , 2013) | Sisik Ikan Mola (Wu <i>et al.</i> , 2019) | Tulang Ikan Taring Merah (Muralidharan <i>et al.</i> , 2013) | Gelembung Renang Ikan Kod (Sousa, Alves, <i>et al.</i> , 2020) | Tulang Bawal Bintang (Cao <i>et al.</i> , 2019) | Kulit Ikan Belut Laut (Veeruraj <i>et al.</i> , 2013) | Sisik Ikan Mola (Wu <i>et al.</i> , 2019) |
| Imino acids | 200 | 148 | 226±7 | 190 | 200 | 190,3 | 141 | 197,8 | 200 | 202 |

- = tidak ditemukan di jurnal

ND = tidak terdeteksi

BDL = *Bellow Detectable Level*

Hasil analisis ekstraksi kolagen untuk ASC dan PSC disajikan pada Tabel 6. dan dibandingkan kandungan asam amino tertinggi. Terdapat berbagai macam asam amino yang dihasilkan dari ekstraksi kolagen limbah ikan tetapi *Glycine* (Gly), *Alanine* (Ala), *Proline* (Pro), dan *hydroxyproline* (OhPro) lebih tinggi daripada asam amino lainnya. Pada perlakuan ASC didapatkan hasil asam amino tertinggi pada limbah sisik ikan mola yaitu 341 *Glycine*, 123 *Alanine*, 119 *Proline*, dan 81 *hydroxyproline* sedangkan pada perlakuan PSC didapatkan hasil asam amino tertinggi pada limbah tulang ikan taring merah yaitu 356,8 *Glycine*, 95,1 *Alanine*, 103,1 *Proline*, dan 81 *Hydroxyproline*.

3.6. Valorisasi

Kolagen dapat divalorisasikan dan memiliki berbagai macam keuntungan. Valorisasi penggunaan kolagen dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Valorisasi Kolagen Limbah Ikan

| No | Jenis Kolagen | Aplikasi | Metode Pengaplikasian | Daftar Pustaka |
|----|-----------------|-----------------|---|---|
| 1 | Serbuk, Gelatin | Produksi pangan | Bahan tambahan pembentuk gel, Tepung, minuman berkolagen, fortifikasi biskuit, yogurt, sereal bar, dan suplemen | (Mirzapour <i>et al.</i> , 2018), (D. P. Kumar <i>et al.</i> , 2018), (Nurilmala <i>et al.</i> , 2020), (Handayani <i>et al.</i> , 2020), (Lin <i>et al.</i> , 2020), (A. Kumar <i>et al.</i> , 2019), (Ayati <i>et al.</i> , 2021), (S. Benjakul <i>et al.</i> , 2019), (D. Zhang <i>et al.</i> , 2018), (Suntornsaratoon <i>et al.</i> , 2018), (Nemati <i>et al.</i> , 2017) |
| 2 | Serbuk, Gelatin | Kosmetik | Pelembab kulit, Gel rambut | (Li <i>et al.</i> , 2020), (Igielska-Kalwat <i>et al.</i> , 2022) |
| 3 | Gelatin | Aplikasi Medis | Hidrogel | (Sousa, Martins, <i>et al.</i> , 2020), (Seixas <i>et al.</i> , 2020) |

Berdasarkan Tabel 7. Kolagen dapat divalorisasikan pada produksi pangan, medis, maupun kosmetik. Karena sifat hidrofilik kolagen yang tinggi, hal tersebutlah yang membuat kolagen limbah ikan memiliki potensi valorisasi yang banyak. Kandungan antioksidan pada kolagen juga memiliki nilai tambah yang mulai dipertimbangkan oleh masyarakat.