

## I. PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Kabupaten Kotawaringin Barat adalah kabupaten yang memiliki potensi sumberdaya perikanan yang besar baik perikanan laut maupun perikanan air tawar. BPS mencatat, Kabupaten Kotawaringin Barat dengan panjang pantai laut 178 km, luas wilayah laut 341.760 km<sup>2</sup> dan areal penangkapan ikan di perairan umum 135.000 ha memiliki potensi perikanan lestari 50% per tahun sebesar 42.720 ton/tahun di laut dan 5.400 ton/tahun di perairan umum pada tahun 2015(BPS, 2016). Sementara itu, produksi perikanan tangkap pada tahun 2016 di laut mencapai 10.874,40 ton dan di perairan umum baru mencapai 3.918,30 ton(BPS, 2017). Potensi ini memungkinkan Kabupaten Kotawaringin Barat mengembangkan sektor industri perikanan.

**Tabel 1.1. Produksi Perikanan Tangkap Kabupaten Kotawaringin Barat Tahun 2015**

| Kecamatan                  | Budidaya        | Perairan Umum   | Perairan laut    | Total            |
|----------------------------|-----------------|-----------------|------------------|------------------|
| Kotawaringin Lama          | 88,87           | 38,06           | 341,4            | 468,33           |
| Arut Selatan               | 867,49          | 1.402,08        | 462,5            | 2.732,07         |
| Kumai                      | 93,62           | 546,98          | 10.732,0         | 11.372,60        |
| Pangkalan Banteng          | 145,25          | 4,46            | 210              | 359,71           |
| Pangkalan Lada             | 168,12          | -               | 181,4            | 349,52           |
| Arut Utara                 | 29,09           | 17,09           | 238,5            | 284,68           |
| <b>Jumlah Total (2015)</b> | <b>1.392,44</b> | <b>2.008,67</b> | <b>12.165,80</b> | <b>15.566,91</b> |
| 2014                       | 2.822,60        | 1.172,19        | 9.511,90         | 13.506,70        |
| 2013                       | 1.533,91        | 1.126,36        | 9.001,00         | 11.661,27        |
| 2012                       | 1.112,42        | 1.127,30        | 8.644,20         | 10.883,92        |

Sumber: Kabupaten Kotawaringin Barat dalam Angka Tahun 2015

Tabel di atas memperlihatkan produksi perikanan tangkap Kabupaten Kotawaringin Barat 79,57% - nya dihasilkan di Kecamatan Kumai sebagai kecamatan di wilayah pesisir, dan 95,16% produksi Kumai berasal dari penangkapan ikan di laut (BPS, 2016). Sebagai wilayah penghasil ikan terbesar di Kabupaten Kotawaringin Barat, Kecamatan Kumai juga mengembangkan industri pengolahan ikan. Dinas Perikanan dan Kelautan Kotawaringin Barat mencatat 28

Unit Pengolahan Ikan yang terdiri dari 14 industri skala mikro, 9 industri skala kecil, 4 industri skala menengah dan 1 industri besar, secara keseluruhan pada tahun 2016 memproduksi sebanyak 25.240 kg produk per bulan. Sebagian besar adalah pengolah hasil laut dan berlokasi di Kecamatan Kumai. Jumlah ini semakin meningkat ditandai dengan masuknya permohonan pembinaan dari 14 industri rumah tangga pengolah ikan kepada Dinas Perikanan dan Kelautan pada tahun 2017.

Komoditas perikanan yang menjadi bahan baku industri perikanan memiliki sifat yang *perishable* (mudah busuk). Untuk mengatasi sifat ini diperlukan proses penanganan pasca panen / pengolahan yang membutuhkan air dan energi dalam jumlah yang besar, serta menghasilkan limbah yang cukup besar. Dalam industri perikanan khususnya industri pangan, air selain diperlukan sebagai bahan baku/pembantu dalam proses produksi juga diperlukan untuk memastikan proses produksi dan lingkungannya memenuhi prinsip sanitasi dan higiene. Energi yang relatif besar juga diperlukan, selain untuk transportasi bahan baku dan produk, pun untuk menjaga sistem rantai dingin dalam proses produksi dan memenuhi kebutuhan energi operasional mesin-mesin pengolahan.

Isu lingkungan utama terkait pengolahan hasil perikanan meliputi konsumsi air dalam jumlah besar, air limbah, limbah padat, penggunaan energi secara intensif, menghasilkan limbah organik, emisi udara, dan kebisingan serta bau (Hall & Kose, 2014). Masalah yang dihadapi oleh UKM pengolah ikan di Kecamatan Kumai adalah ketersediaan air dan ketiadaan instalasi pengolah air limbah. Berdomisili di daerah pesisir, UKM-UKM pengolah hasil perikanan menghadapi masalah intrusi air laut yang menyebabkan air sumur dan air sungai umumnya menjadi payau di musim kemarau sementara ketersediaan air bersih merupakan masalah vital bagi usaha-usaha pengolahan pangan. Landainya daerah dan dekatnya lokasi dengan sungai juga menjadi masalah bagi pembangunan instalasi pengolahan air limbah. Dalam studi ini akan dipelajari teknologi pengolahan air payau dan pengolahan air limbah terpilih yang dapat diaplikasikan pada lokasi studi dan bagaimana dampak lingkungannya.

Teknologi pengolahan air telah lama berkembang untuk menyediakan air minum teknik desalinasi air payau bahkan air laut baik dengan metode distilasi, pertukaran ion maupun reverse osmosis (Said, 2003; Zhang, dkk., 2013). Namun ketiga teknologi inipun tidak lepas dari masalah dampak lingkungan. Umumnya, isu lingkungan teknik desalinasi air payau atau air laut muncul dari konsumsi energi (Vince, dkk., 2008). Dalam beberapa penelitian, metode reverse osmosis terbukti lebih ramah lingkungan karena konsumsi energi yang lebih rendah (Bhakar, dkk., 2016; Garfi, dkk., 2016; Ras & von Blottnitz, 2012; Vince dkk., 2008; Zhou, Chang, & Fane, 2011a, 2011b). Kualitas air baku dalam teknologi reverse osmosis sangat mempengaruhi kualitas air desalinasi dan keawetan membran. Oleh sebab itu diperlukan pretreatment yang layak baik dengan metode konvensional maupun filtrasi (mikrofiltrasi, ultrafiltrasi) atau kombinasi keduanya sesuai dengan kondisi air baku. Tariq Al-Sarkal (2013) melaporkan bahwa ultrafiltrasi memiliki potensi dampak lingkungan lebih rendah dari pada teknik konvensional. Dampak lingkungan ultrafiltrasi muncul dari konsumsi energi dan bahan kimia (Sharaai, Mahmood, & Sulaiman, 2010). Berdasarkan kondisi sumber daya air di lokasi penelitian, maka untuk keperluan pemenuhan kebutuhan UKM pengolah hasil perikanan, studi ini akan mempelajari prarancangan IPA sistem reverse osmosis dan potensi dampak lingkungannya.

Industri pengolahan ikan adalah industri yang memerlukan banyak air baik sebagai bahan baku maupun utiliti untuk keperluan sanitasi dan higiene produk, lingkungan dan karyawan. Oleh sebab itu jumlah air limbah yang dihasilkan akan sebanding dengan jumlah air proses yang dikonsumsi. Pengolahan air limbah sangat penting bagi pemeliharaan kualitas dan kelestarian lingkungan. Untuk air limbah industri pengolahan ikan yang kaya akan bahan organik, teknologi pengolahan air limbah yang dapat digunakan adalah pengolahan secara biologis. Salah satu yang dipercaya memiliki efisiensi tinggi dalam pengolahan air limbah organik adalah teknologi biofilter anaerob-aerob. Said & Firly (2005) melaporkan bahwa teknik ini dengan menggunakan media biofilter sarang tawon pada instalasi pengolahan air limbah rumah potong ayam menghasilkan efisiensi penurunan BOD sebesar 85 – 90 % dan COD sebesar 86 - 90%. Setiyono & Yudo ( 2010)

telah menggunakan metode ini pada sebuah prototipe IPAL mobil, dan memiliki efisiensi menurunkan limbah polutan  $> 90\%$ . Dengan perhitungan teoritis, studi ini akan mempelajari efektifitas metode biofilter anaerob-aerob pada penanganan air limbah UKM pengolah hasil perikanan beserta potensi dampak lingkungannya.

Konsekuensi lingkungan suatu industri terjadi pada seluruh daur hidup produk, sejak tahap ekstraksi dari alam hingga tahap penggunaan akhir dan pembuangan limbah konsumsi. Untuk menilai potensi dampak lingkungan suatu produk sepanjang daur hidupnya dapat digunakan metode Life Cycle Assesment. Metode ini dapat membantu memahami dampak lingkungan dan inefisiensi apa saja yang terjadi pada tiap tahapan daur hidup baik itu berkaitan dengan kerusakan lingkungan, kesehatan manusia maupun ketersediaan sumber daya di alam. Pengetahuan ini akan bermanfaat bagi pengusaha, masyarakat dan pemangku kebijakan dalam merancang desain proses produksi, pengelolaan limbah, regulasi, dan lain-lain. Metode ini juga dapat digunakan untuk menilai kinerja lingkungan simbiosis industri seperti yang dilakukan oleh Daddi, dkk., 2017, terhadap kluster penyamakan kulit di Tuscanny, Italia, serta Ulhasanah dan Goto, 2012, pada industri semen di Indonesia.

## **1.2. Perumusan Masalah**

1. Bagaimana potensi dampak lingkungan pada daur hidup produk UKM pengolahan hasil perikanan berdasarkan LCA?
2. Bagaimana potensi dampak lingkungan penerapan instalasi pengolahan air payau?
3. Bagaimana potensi dampak lingkungan penerapan instalasi pengolahan air limbah UKM pengolah hasil perikanan?

## **1.3. Batasan Penelitian**

Penelitian ini dibatasi pada kajian mengenai daur hidup produk yang dihasilkan UKM pengolahan hasil perikanan serta bilamana instalasi pengolahan air dan instalasi pengolahan air limbah disediakan. Penelitian ini tidak mempertimbangkan sisi ekonomis industri.

#### **1.4. Tujuan**

Tujuan penelitian:

1. Menilai potensi dampak lingkungan pada daur hidup produk UKM pengolahan hasil perikanan menggunakan LCA,
2. Mengestimasi potensi dampak lingkungan prarancangan instalasi pengolahan air sistem *brackish water reverse osmosis*,
3. Mengestimasi potensi dampak lingkungan pengolahan air limbah portabel metode biofilter anaerob-aerob.
4. Membandingkan potensi dampak lingkungan industri pengolahan ikan yang menjadi objek studi dengan dan tanpa pengolahan air dan pengolahan limbah.

#### **1.5. Manfaat**

Manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Bagi pengusaha, diharapkan hasil analisis ini dapat membantu memahami proses-proses yang menimbulkan beban lingkungan cukup besar sehingga pengusaha dapat menentukan langkah perbaikannya.
2. Bagi Pemerintah Daerah, diharapkan hasil penelitian ini dapat membantu memahami beban-beban lingkungan yang ditimbulkan oleh UKM, sehingga Pemerintah Daerah dapat menentukan langkah membantu UKM meningkatkan kinerja lingkungan baik dengan pembinaan maupun regulasi.
3. Dan bagi masyarakat, diharapkan hasil penelitian ini dapat membantu masyarakat memahami beban lingkungan UKM di lingkungannya sehingga dapat menentukan langkah kerja sama dengan UKM untuk meningkatkan kualitas lingkungannya.

## 1.6. Penelitian Terdahulu

Penelitian-penelitian dengan metode LCA telah banyak dilakukan terhadap dampak lingkungan pengolahan hasil perikanan, pengolahan air menggunakan membran dan pengolahan air limbah yang kaya akan bahan organik. Konsumsi energi, baik listrik maupun bahan bakar, sistem produksi hasil perikanan menjadi kontributor utama potensi dampak lingkungan (Iribarren, dkk., 2010). Konsumsi energi juga menjadi kontributor utama dampak lingkungan pada pengolahan air sistem ultrafiltrasi dan reverse osmosis serta pengolahan air limbah (Vince dkk., 2008; Ras & von Blottnitz, 2012; Sharaai dkk., 2010; Tariq Al-Sarkal, 2013; Polruang, dkk., 2017). Meskipun pengolahan limbah memiliki potensi dampak lingkungan, Daddi, dkk., 2017 dan Liu dkk., 2011 melaporkan bahwa simbiosis industri berbasis pengolahan limbah dalam sebuah klaster industri di Tuscany dan Jinqiao mampu mengurangi potensi dampak lingkungan industri.

Dari penelitian terdahulu, diketahui potensi dampak lingkungan industri pengolahan menggunakan teknologi tinggi, seperti industri pengalengan kerang, cukup tinggi berkaitan dengan tingginya konsumsi energi. Sementara itu, studi ini mempelajari potensi dampak industri pengolahan ikan skala kecil dan menengah yang menggunakan teknologi yang lebih sederhana dimana belum tersedia pengolahan air proses dan air limbah, sehingga dalam penelitian ini juga akan diestimasi potensi dampak lingkungan berdasarkan prarancangannya bilamana pengolahan air proses dan air limbah diimplementasikan.

**Tabel 1.2. Penelitian Terdahulu**

| No | Judul   | Hasil Penelitian  | Referensi            |
|----|---|---|----------------------|
| 1  | Life Cycle Assessment of fresh and canned mussel processing and consumption in Galicia (NW Spain) | Studi ini mempelajari dampak lingkungan dari industri pengalengan kerang ( <i>Mytilus galloprovincialis</i> ) termasuk tahapan budidayanya. Studi ini menyimpulkan bahwa konsumsi listrik menjadi kontributor utama dampak lingkungan pada tahap purifikasi kerang, sedangkan pada tahap proses pengalengan, kontributor utamanya adalah produksi minyak, produksi dan transportasi kaleng, produksi listrik dan produksi bahan bakar minyak. | Iribarren dkk., 2010 |
| 2  | LCA tool for the environmental evaluation of potable water production François                    | Studi ini mempelajari potensi dampak lingkungan beberapa skenario pengolahan air minum yaitu pengolahan air tanah, ultrafiltrasi, nanofiltrasi, reverse osmosis air laut dan distilasi termal yang berasosiasi dengan transfer air menggunakan metode LCA. Sumber utama dampak lingkungan dilaporkan berasal dari produksi listrik untuk memenuhi kebutuhan operasi IPA.  | Vince dkk., 2008     |

| No | Judul  | Hasil Penelitian   | Referensi                 |
|----|--|--|---------------------------|
| 3  | A comparative life cycle assessment of process water treatment technologies at the Secunda industrial complex, South Africa                        | Studi ini membandingkan 2 teknologi desalinasi yaitu ion exchange (yang telah digunakan) dan reverse osmosis (yang diusulkan) di kawasan industri Secunde, Mpumalanga, Afrika Selatan menggunakan metode LCA. Penggunaan bahan bakar batu bara pada pembangkit listrik menyebabkan teknik RO yang diajukan memiliki potensi dampak lingkungan pemanasan global yang lebih buruk dibandingkan dengan ion exchange, tetapi lebih rendah pada dampak toksisitas terhadap manusia dan ekotoksitas air tawar, serta menurunkan secara signifikan masalah penyimpanan garam. | Ras & von Blottnitz, 2012 |
| 4  | Life Cycle Impact Assessment (LCIA) of Potable Water Production in Malaysia: A Comparison among Different Technology Used in Water Treatment Plant | Studi ini mempelajari 3 instalasi pengolahan air di Malaysia yaitu instalasi konvensional yang menggunakan DAF, Pulsatube® Clarifier Technology, dan ultrafiltrasi menggunakan LCA. Tingginya konsumsi energi pada UF dan DAF berkontribusi pada deplesi sumber daya alam. Meskipun konsumsi energi Pulsatube® Clarifier Technology tampak efisien, penggunaan bahan kimia PAC menjadi kontributor utama terhadap penurunan kualitas lingkungan dan kesehatan manusia.   | Sharaai dkk., 2010        |



| No | Judul  | Hasil Penelitian   | Referensi             |
|----|--|--|-----------------------|
| 5  | Ultrafiltration Versus Sedimentation-based Pretreatment in Fuzairah 1 RO Plant Environmental Impact Study  | Studi ini membandingkan metode pretreatment sedimentasi dan ultrafiltrasi di instalasi RO Fuzairah 1 menggunakan LCA. Dilaporkan bahwa kontributor utama terhadap dampak lingkungan dari kedua metode ini adalah konsumsi energi, dan metode ultrafiltrasi memperlihatkan dampak lingkungan yang lebih rendah.   | Tariq Al-Sarkal, 2013 |
| 6  | Prototipe Instalasi Pengolahan Air Limbah Industri Pengolahan Ikan Di Kecamatan Muncar, Kabupaten Banyuwangi   | Studi ini menggabung proses fisika – kimia dan biologis mengkombinasikan proses biofilter anaerob-aerob dalam sebuah prototipe IPAL pengolahan ikan kapasitas 5 m <sup>3</sup> per hari. Secara umum hasil ujicoba prototipe IPAL pengolahan ikan yang telah dilakukan dapat menurunkan limbah polutan dengan efisiensi yang sangat signifikan (>90%)  | Setiyono & Yudo, 2010 |
| 7  | A comparative life cycle assessment of municipal wastewater treatment plants in Thailand under variable power schemes and effluent management programs | Studi LCA ini mempelajari dampak lingkungan 7 WWTP di Bangkok, Thailand, menggunakan 3 skema pembangkit daya dan 3 program manajemen limbah (9 skenario). Studi memperlihatkan bahwa konsumsi listrik dan sumber listrik merupakan kontributor utama dampak hampir semua dampak lingkungan, kecuali deplesi abiotik dan eutrofikasi. Dampak eutrofikasi terutama dikontribusi oleh air limbah. | Polruang, dkk., 2017  |

| No | Judul  | Hasil Penelitian  | Referensi         |
|----|--|---|-------------------|
| 8  | Using Life Cycle Assessment (LCA) to measure the environmental benefits of industrial symbiosis in an industrial cluster of SMEs | Makalah ini menyajikan kasus pada sebuah klaster penyamakan di Tuscany. Melalui penghitungan LCA, studi ini membandingkan kategori dampak yang dihasilkan antar dua skenario: skenario yang telah ada dimana IS telah diimplementasikan dengan lokasi yang belum mengimplementasikan IS. Hasil studi memperlihatkan kontribusi positif IS dalam beberapa kategori LCA seperti perubahan iklim dan eutrofikasi daratan. Temuan studi ini juga memperlihatkan bahwa komposisi limbah dan ketersediaan waktu serta teknologi yang diadopsi untuk memproses / menggunakan limbah menjadi faktor penting. Lebih lanjut, konteks spasial juga penting dan sangat bergantung pada biaya transport dan nilai limbah yang diangkut. Akhirnya keterikatan para aktor dalam IS merupakan faktor yang sangat penting untuk menghidupkan kerja sama. | Daddi, dkk., 2017 |

| No | Judul  | Hasil Penelitian  | Referensi      |
|----|--|---|----------------|
| 9  | Life cycle assessment of an industrial symbiosis based on energy recovery from dried sludge and used oil | <p>Studi ini menggunakan LCA untuk mengevaluasi usulan simbiosis industri pada IS berbasis pemenuhan energi menggunakan lumpur limbah kota dan penyulingan ulang minyak yang diajukan kepada perusahaan pusat penyedia panas di Jinqiao EIP. Dari program ini diharapkan gas panas atau bagian dari uap dari perusahaan pusat penyedia panas dapat digunakan untuk mengeringkan lumpur dan menyuling ulang minyak; sedangkan lumpur kering serta minyak hasil sulingan dapat menggantikan sebagian dari bahan bakar fosil. Hasil Studi mengindikasikan bahwa ketika rasio substitusi batu bara dengan lumpur 14%, IS memiliki dampak lingkungan terkecil. Dibandingkan dengan situasi saat penelitian (lumpur dibuang di tanah lapang), pembakaran lumpur kering dan penyulingan ulang minyak menggunakan batu bara pada skala optimal melepaskan sedikit CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, Nox, N<sub>2</sub>O dan CO, tetapi melepaskan lebih banyak SO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S, NH<sub>3</sub>, HCl, <i>polycyclic aromatic hydrocarbons</i> (PAHs), senyawa organik volatil nonmetan (NMVOC) dan logam berat.</p> | Liu dkk., 2011 |

- Bhakar, V., Kumar, D. N. S. H., Krishna, N., & Singh, K. (2016). Life cycle assessment of filtration systems of reverse osmosis units : a case study of a university campus. *Procedia CIRP*, 40, 268–273. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.01.119>
- BPS. (2016). *Kotawaringin Barat dalam Angka 2015*. Pangkalan Bun: Badan Pusat Statistik Kabupaten Kotawaringin Barat.
- BPS. (2017). *Kabupaten Kotawaringin Barat dalam Angka 2016*. Pangkalan Bun: Badan Pusat Statistik Kabupaten Kotawaringin Barat.
- Daddi, T., Nucci, B., & Iraldo, F. (2017). Using Life Cycle Assessment (LCA) to measure the environmental benefits of industrial symbiosis in an industrial cluster of SMEs. *Journal of Cleaner Production*, 147, 157–164. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.01.090>
- Garfí, M., Cadena, E., Sanchez-Ramos, D., & Ferrer, I. (2016). Life cycle assessment of drinking water: Comparing conventional water treatment, reverse osmosis and mineral water in glass and plastic bottles. *Journal of Cleaner Production*, 137, 997–1003. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.07.218>
- Hall, G. M., & Kose, S. (2014). Fish Processing Installations: Sustainable Operation. In I. S. Boziaris (Ed.), *Seafood Processing: Technology, Quality and Safety* (pp. 1–488). West Sussex: John Wiley & Sons. <https://doi.org/10.1002/9781118346174>
- Iribarren, D., Moreira, M. T., & Feijoo, G. (2010). Life Cycle Assessment of fresh and canned mussel processing and consumption in Galicia ( NW Spain ). “*Resources, Conservation & Recycling*,” 55(2), 106–117. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2010.08.001>
- Liu, Q., Jiang, P., Zhao, J., Zhang, B., Bian, H., & Qian, G. (2011). Life cycle assessment of an industrial symbiosis based on energy recovery from dried sludge and used oil. *Journal of Cleaner Production*, 19(15), 1700–1708. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2011.06.013>
- Polruang, S., Sirivithayapakorn, S., & Prateep, N. T. R. (2017). A comparative life cycle assessment of municipal wastewater treatment plants in Thailand under variable power schemes and effluent management programs. *Journal of Cleaner Production*. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.10.183>
- Ras, C., & von Blottnitz, H. (2012). A comparative life cycle assessment of process water treatment technologies at the Secunda industrial complex , South Africa. *Water SA*, 38(4), 549–554. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.4314/wsa.v38i4.10>

- Said, N. I. (2003). Aplikasi Teknologi Osmosis Balik Untuk Memenuhi Kebutuhan Air Minum. *J.Tek.Ling. P3TL-BPPT*, 4(2), 16–35.
- Said, N. I., & Firly. (2005). Uji Performance Biofilter Anaerobik Unggun Tetap Menggunakan Media Biofilter Sarang Tawon untuk Pengolahan Air Limbah Rumah Potong Ayam. *JAI*, 1(3), 289–303.
- Setiyono, & Yudo, S. (2010). Prototipe Instalasi Pengolahan Air Limbah Industri Pengolahan Ikan Di Kecamatan Muncar, Kabupaten Banyuwangi. *J. Tek. Ling*, 11(1), 7–26.
- Sharaai, A. H., Mahmood, N. Z., & Sulaiman, A. H. (2010). Life Cycle Impact Assessment (LCIA) of Potable Water Production in Malaysia: A Comparison among Different Technology Used in Water Treatment Plant. *EnvironmentAsia*, 3(1), 95–102.
- Tariq Al-Sarkal, H. A. A. (2013). Ultrafiltration versus sedimentation-based pretreatment in Fujairah-1 RO plant: Environmental impact study. *Desalination*, 317, 55–66. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/j.desal.2013.02.019>
- Vince, F., Aoustin, E., Bréant, P., & Marechal, F. (2008). LCA tool for the environmental evaluation of potable water production. *Desalination*, 220(1–3), 37–56. <https://doi.org/10.1016/j.desal.2007.01.021>
- Zhang, P., Hu, J., Li, W., Qi, H., & Al, E. T. (2013). Research Progress of Brackish Water Desalination by Reverse Osmosis. *Jurnal of Water Resource and Protection*, 5, 304–309. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.4236/jwarp.2013.53031>
- Zhou, J., Chang, V. W.-C., & Fane, A. G. (2011a). Environmental assessment of reverse osmosis desalination: The influence of different life cycle impact assessment methods on characterization result. *Desalination*, 283, 227–236. <https://doi.org/10.1016/j.desal.2011.04.066>
- Zhou, J., Chang, V. W. C., & Fane, A. G. (2011b). Environmental life cycle assessment of brackish water reverse osmosis desalination for different electricity production models. *Energy Environ. Sci.*, 4, 2267–2278. <https://doi.org/10.1039/c0ee00828a>