

Konsep Biaya Produksi Produk Pertanian dan Pangan

Marza Dona^{1*}, Syakhroni Harfan², dan Zefriyenni³

^{1,2,3} Universitas Putra Indonesia YPTK, Padang

Abstract

Penelitian bertujuan untuk mengkaji konsep biaya produksi dalam industri pangan dan pertanian. Pemahaman yang mendalam tentang konsep biaya produksi tidak hanya membantu petani, atau perusahaan yang bergerak di bidang pertanian untuk menentukan harga jual yang kompetitif, tetapi juga berfungsi sebagai metode penghitungan margin keuntungan, dan mengefisienkan operasional. Penelitian ini ditulis menggunakan metode *Systematic Literature Review* (SLR) yang bermanfaat untuk mengidentifikasi, mengevaluasi, dan menyimpulkan hasil penelitian terkait topik yang dikaji secara sistematis dan terstruktur. Dalam pelaksanaannya, penelitian ini menggunakan model PRISMA (*Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses*), yang bertujuan untuk memastikan transparansi, dan akuntabilitas dalam setiap tahapan proses SLR. Hasil penelitian menunjukkan bahwa Hasil penelusuran jurnal terindeks scopus dengan kata kunci big data dan manajemen data pertanian diperoleh 84 literatur, dimana 62 literatur memasuki fase seleksi, dan pada fase retrieval tetap tersisa 62 literatur. Setelah jurnal di-download, kemudian di-upload ke sistem, tersisa 25 artikel saja yang paling relevan dengan topik. Biaya produksi pada pembuatan produk pertanian dan industri pangan, menghitung keuntungan dari biaya produksi yang meliputi biaya tenaga kerja, biaya bahan baku, biaya listrik, biaya pre-treatment, biaya bahan untuk pemeliharaan tanaman, dan biaya pakan. Biaya pemeliharaan tanaman, dan biaya pakan merupakan biaya terbesar pada sektor pertanian dan peternakan, jumlahnya bisa mencapai 60% dari total biaya keseluruhan. Sedangkan pada industri pangan, biaya *pre-treatment* menjadi biaya paling besar, mencapai 33% dari total biaya produksi. Intensifikasi merupakan strategi dalam menekan biaya produksi pada sistem pertanian berkelanjutan, sedangkan biokonversi, dan daur ulang menjadi strategi menekan biaya produksi pada industri pangan.

Kata kunci: *biaya produksi, pangan, pertanian, SLR*

✉Corresponding author :

Email Address : marzadona@gmail.com

PENDAHULUAN

Biaya produksi merupakan salah satu aspek penting yang sangat memengaruhi keputusan bisnis, dan keberlangsungan usaha tani di bidang pertanian dan industri pangan. Biaya produksi mencakup semua pengeluaran yang dikeluarkan oleh petani untuk memperoleh faktor-faktor produksi, dan bahan mentah yang diperlukan dalam proses produksi pada industri pangan. Pemahaman yang mendalam tentang konsep biaya produksi tidak hanya membantu petani, atau perusahaan yang bergerak di bidang pertanian untuk menentukan harga jual yang kompetitif, tetapi juga berfungsi sebagai metode penghitungan margin keuntungan, dan mengefisienkan operasional.

Analisis biaya produksi yang merupakan bagian dari konsep biaya produksi menjadi sangat penting untuk merespons fluktuasi harga bahan baku, perubahan teknologi, dan dinamika upah tenaga kerja. Permintaan produk pangan dan pertanian secara global terus meningkat seiring pertambahan penduduk dunia yang meningkat dengan pesat. Peningkatan permintaan ini mengharuskan produsen pangan untuk melakukan optimalisasi proses pertanian dan peternakan, menguasai perubahan teknologi, dan melakukan pendekatan inovatif untuk meningkatkan produktivitas pangan dan pertanian berkelanjutan (Cakmakci et al., 2024; Martins et al., 2023).

Total biaya produksi, yang dalam bidang pertanian dikenal dengan istilah usaha tani nantinya akan menjadi dasar dalam penetapan harga produk pertanian, begitu juga pada pengolahan produk pangan. Dalam industri pangan dan pertanian banyak dilakukan pengolahan bahan organik dan limbah bahan organik menjadi produk dengan nilai manfaat yang lebih tinggi. Salah satunya adalah pembuatan biomaterial kemasan pangan berkelanjutan yang merupakan kemasan pengganti kemasan plastik fungsional yang sampahnya sangat mencemari lingkungan karena terurai dalam waktu yang sangat lama. Biomaterial ini bentuk dan fungsinya mirip plastik, namun mudah terurai di dalam tanah. Pembuatannya melalui proses fermentasi yang memerlukan karbon, dan pembuatan asam polilaktat (PLA) yang biaya proses sintesanya menghabiskan 40%-70% dari total biaya keseluruhan (Al Mahmud et al., 2024). Produk pangan selain berupa makanan dan minuman olahan, juga merupakan produk biorefineri. Biorefineri adalah konsep industri yang mengubah biomassa (bahan organik dari tumbuhan atau hewan) menjadi berbagai produk bernilai tambah. Produk-produk tersebut bahkan ada yang dapat menggantikan sumber daya fosil. Pembuatan biorefineri membantu mengatasi masalah pencemaran lingkungan, serta mengurangi biaya produksi (Dhagat & Jujavarapu, 2021).

Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji konsep biaya produksi dalam industri pangan, dan pertanian.

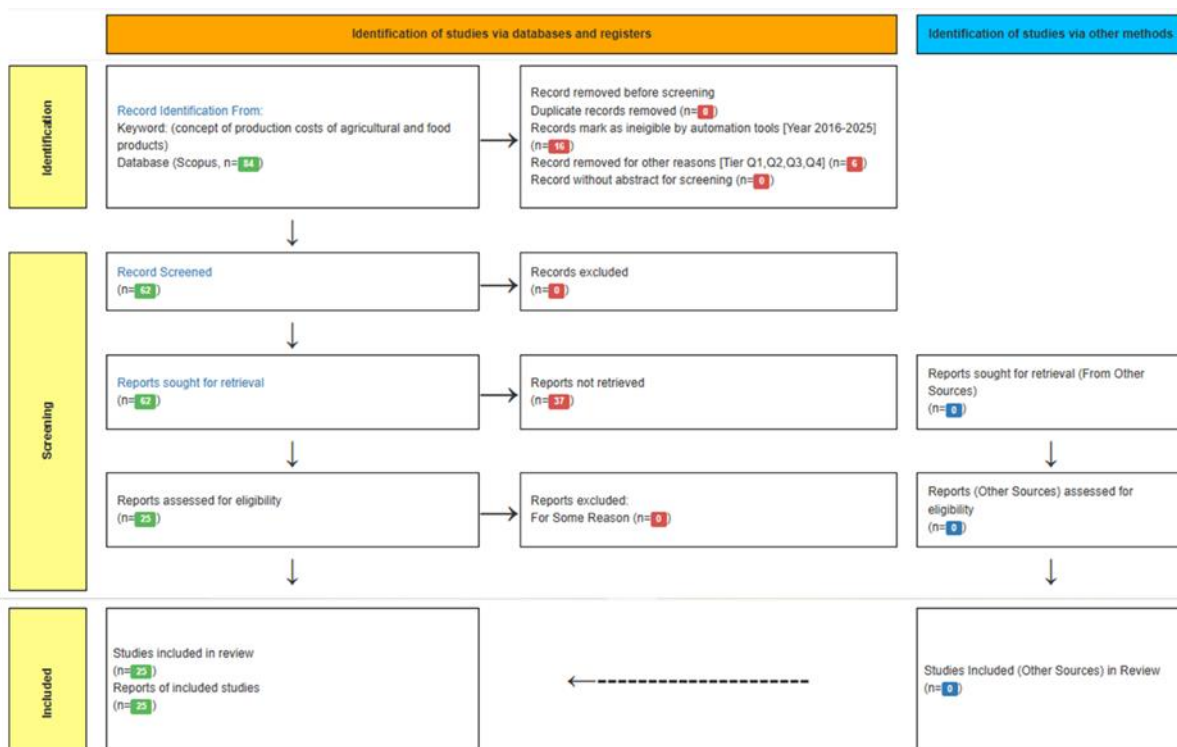
METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini ditulis menggunakan metode *Systematic Literature Review* (SLR) yang bermanfaat untuk mengidentifikasi, mengevaluasi, dan menyimpulkan hasil penelitian terkait topik yang dikaji secara sistematis dan terstruktur. Dalam pelaksanaannya, penelitian ini menggunakan model PRISMA (*Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses*), yang bertujuan untuk memastikan transparansi, dan akuntabilitas dalam setiap tahapan proses SLR. Metode SLR dianggap andal, karena metode ini cocok, dan akurat untuk mengevaluasi penelitian yang terkait dengan fenomena tertentu yang menarik, pertanyaan penelitian, isu, atau topik utama (Al-Sai et al., 2023).

Pertanyaan penelitian berikut telah dirumuskan untuk mendapatkan literatur yang sesuai di dalam pembahasan, yaitu: 1) Bagaimana konsep biaya produksi dalam memproduksi produk pertanian dan industri pangan? Watase Uake merupakan aplikasi online yang membantu peneliti dalam melakukan penelitian secara sistematis dan terstruktur. Literatur ilmiah yang tersedia di aplikasi Watase Uake, merupakan literatur terindeks scopus, dengan peringkat Q1, Q2, Q3, dan Q4.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelusuran jurnal terindeks scopus dengan kata kunci big data dan manajemen data pertanian diperoleh 84 literatur, dimana 62 literatur memasuki fase seleksi, dan pada fase retrieval tetap tersisa 62 literatur. Setelah jurnal di-download, kemudian di-upload ke sistem, tersisa 25 artikel saja yang paling relevan dengan topik yang dipilih (Gambar 1).



Gambar 1. Proses SLR menggunakan metode PRISMA

Keterkaitan antar kata kunci yang memudahkan dalam pembahasan topik ini ditampilkan pada Watase Uake berupa gambar yang menarik, dengan menampilkan kata kunci yang paling sering muncul dan paling terkait dengan ukuran font yang lebih besar, dan warna menarik. (Gambar 2).



Gambar 2. Keterkaitan kata kunci yang dihasilkan oleh Watase Uake

Gambar 2 menunjukkan bahwa kata kunci yang paling sering muncul, dan saling terkait pada semua literatur yang diacu adalah pertanian berkelanjutan, penanganan limbah, serta produk pertanian dan biokonversi. Masing-masing kata kunci dijelaskan pada subbab- subbab di bawah ini:

1. Konsep Biaya Produksi Sistem Pertanian Berkelanjutan

Pertanian tanaman pangan di beberapa negara berkembang dianggap tidak menguntungkan. Banyak petani yang beralih ke komoditas lain seperti ke sektor agroforestri. Biaya produksi produk tanaman pangan seperti padi, jagung, dan gandum dianggap terbilang rendah, dan tidak sesuai dengan output yang dihasilkan. Hal ini menjadi salah satu alasan mendasar perubahan usaha tani yang dilakukan petani. Dengan beralih ke sektor agroforestri, tidak hanya menguntungkan bagi petani, namun juga memberikan manfaat bagi kelestarian lingkungan. Sistem pertanian monokultur, seperti usaha tani padi, dan jagung dapat menyebabkan degradasi tanah, penipisan keanekaragaman hayati, dan meningkatkan kerentanan terhadap iklim ekstrim. Pertanian agroforestri meniru kondisi tanaman di hutan, memanfaatkan interaksi antara tanaman pangan dengan tanaman berkayu. Tanaman berkayu menyediakan pengayaan dalam memperbaiki struktur dan tekstur tanah, pengaturan air, dan penyerapan karbon (Ali et al., 2024).

Salah satu poin penting dalam sistem pertanian berkelanjutan adalah pertanian organik. Keberlanjutan pertanian organik memerlukan penyesuaian kepentingan, dan manfaat antara produsen, dan konsumen pangan organik. Penyesuaian ini dilakukan melalui harga pasar. Harga pangan organik harus dapat diterima oleh konsumen, sekaligus memungkinkan petani untuk menutupi biaya produksi, dan memperoleh keuntungan tertentu. Secara umum hasil panen pertanian organik lebih rendah daripada pertanian konvensional, namun laba kotor nya lebih tinggi dibandingkan pertanian konvensional. Pendapatan, biaya produksi, dan laba kotor dihitung menggunakan rumus di bawah ini:

$$\text{Laba Kotor} = \text{hasil} - \text{biaya} = [(Y \cdot P + S) - (\sum_{i=1}^n [x_i \cdot p_i])]$$

Dimana Y = hasil panen, P = harga jual, S = subsidi, x_i = input, dan p_i = harga input, disamping itu perbandingan dua metode produksi (organik dan konvensional) dilakukan menggunakan analisis anggaran parsial (Vaško & Kovačević, 2020).

Irigasi merupakan salah satu komponen dalam sistem pertanian pangan berkelanjutan. Irigasi kadang dimasukkan ke dalam aspek ketidak pastian. Hal ini disebabkan oleh kondisi alam, dan aktivitas manusia yang menghalangi kelancaran sampainya air irigasi ke lahan pertanian. Untuk itu dibuat model pengelolaan berkelanjutan sumber daya air, energi, dan pangan. Dengan model ini dapat ditentukan laba bersih usaha tani dengan biaya pembelian air sebagai faktor pengurang (Giroto et al., 2022; Liu, et al., 2023; Meltzer et al., 2024).

Pengendalian hama, dan penyakit juga merupakan faktor penting yang perlu dipertimbangkan dalam sistem pertanian pangan berkelanjutan. Biaya yang dikeluarkan untuk pengendalian hama, dan penyakit, merupakan faktor pengurang juga untuk menghitung laba bersih pada usaha tani. Untuk itu pengendalian hama, dan penyakit, harus dilakukan dengan bijak. Dalam bidang pengendalian hama, dan penyakit dikenal istilah nilai ambang batas, yang menunjukkan kepadatan patogen, atau hama yang harus segera dikendalikan untuk meminimalisir kehilangan hasil secara ekonomi. Hal ini setelah dipertimbangkan dari biaya pembelian pestisida, dengan resiko kerugian secara ekonomi jika hama dan penyakit tersebut tidak dikendalikan dengan tepat (Friederike et al., 2021).

Pertanian tidak hanya tentang tanaman, tetapi juga termasuk sektor peternakan. Sektor peternakan di negara maju, seperti Korea Selatan dan Amerika Serikat, merupakan sektor pertanian berbiaya tinggi. Hal ini disebabkan oleh keterbatasan lahan, mekanisasi, dan tenaga kerja, serta kebijakan pemerintah dan pemerintah daerah, yang mendorong peternak di sana melakukan intensifikasi. Intensifikasi peternakan dilakukan dengan meningkatkan produksi ternak, berupa daging, susu, telur, dan produk olahannya tanpa melakukan perluasan lahan. Intensifikasi mengharuskan peternak berinovasi, dan cakap memanfaatkan teknologi, sehingga produk yang dihasilkan meningkat dalam segi kuantitas, dan kualitas. Peternak juga harus bijak mengatur waktu, karena keterlambatan dalam pemanenan dapat meningkatkan biaya produksi. Sebagai contoh ayam pedaging yang terlambat dipanen, dapat menyebabkan peningkatkan biaya pemeliharaan dari hari ke hari, terutama dari biaya pakan. Biaya pakan pada suatu usaha peternakan dapat mencapai 60% dari total biaya keseluruhan (Yoon et al., 2024).

2. Konsep biaya produksi dalam penanganan limbah

Pertumbuhan penduduk dunia yang eksponensial, keragaman iklim, dan degradasi tanah merupakan tantangan dalam pengembangan praktek pertanian baru untuk mencapai ketahanan pangan. Pemupukan organo mineral merupakan salah satu pendekatan yang menjanjikan. Pupuk baru tersebut menggabungkan sumber daya organik dengan mineral, yang secara bersamaan dapat mengatasi masalah kesuburan dan kesehatan tanah. Pupuk ini juga merupakan bentuk pemanfaatan limbah menjadi produk yang lebih bermanfaat dengan sistem produksi yang ramah lingkungan. organik. Pupuk ini juga memiliki keunggulan lain antara lain biaya operasional lebih rendah, ketahanan tanaman terhadap cekaman lingkungan lebih baik, dan harga produk akhir yang lebih tinggi karena dianggap sebagai produk organik yang memiliki kualitas premium, serta rantai pasokannya yang lebih sederhana. Namun pupuk ini kurang dikenal petani karena sulitnya akses untuk mendapatkannya dan pasar yang stagnan, serta produk yang mereka hasilkan mengalami penurunan hasil sebesar 10-20% jika dibandingkan dengan penggunaan pupuk kimia konvensional (Bouhia et al., 2022).

Peningkatan nilai limbah pertanian menjadi topik yang cukup hangat dibicarakan, seiring dengan meningkatnya harga pupuk konvensional, dan peningkatan biaya penanganan limbah. Penggunaan biomassa berbasis sumber daya terbarukan, rantai pasok yang terputus, dan akses terbatas ke sumber bahan baku pupuk konvensional, seperti gas alam, dan garam kalium, membuat gagasan pengembangan ekonomi sirkular layak untuk didiskusikan. Pengelolaan limbah biologis yang berasal dari sampah pertanian, sisa olahan produk pangan, akuakultur dan lumpur limbah, tidak hanya akan mengurangi timbunan limbah, namun juga akan menghasilkan bahan-bahan berharga seperti nitrogen, fosfor, kalium dan unsur mikro yang dapat merangsang pertumbuhan tanaman. Limbah pertanian juga dapat menghasilkan produk sampingan sebagai pestisida untuk mengendalikan hama ataupun penyakit pada tanaman budidaya. Fakta mencengangkan dalam produksi pupuk konvensional dengan kandungan Nitrogen seperti pupuk Urea yang berasal dari bahan baku ammonium nitrat. Bahan tersebut membutuhkan biaya produksi sebesar USD 1460 per ton, dengan peningkatan harga 6,5 kali lipat setiap tahun, serta dibutuhkan 2 liter bahan bakar fosil untuk menghasilkan 1 kg pupuk nitrogen (Chojnacka et al., 2022).

Limbah pangan tidak hanya berupa residu tanaman pada pabrik pengolahan produk pertanian, makanan sisa juga termasuk ke dalam limbah pangan. Limbah jenis ini malah mengisi hampir 20% dari kotak sampah di kota-kota besar. Limbah ini mencemari air, dan menyumbang emisi gas rumah kaca. Limbah makanan sisa ini dapat didaur ulang menjadi biostimulan, bio protektan, dan biofertilizer untuk merangsang pertumbuhan benih jeruk sebagai bahan perbanyakan tanaman di pembibitan. Pemanfaatan kembali limbah makanan sisa dapat menekan biaya, karena mengefisienkan dalam budidaya tanaman jeruk, mengurangi limbah dan pencemaran lingkungan, dan yang paling penting adalah biostimulan ini sangat baik untuk kesuburan dan memperbaiki struktur dan tekstur tanah, serta berdampak baik juga bagi kesehatan jaringan tanaman (Pagliaccia et al., 2020).

Residu tanaman, seperti jerami pada tanaman padi ternyata memiliki jumlah yang sangat besar. Residu tanaman berjumlah sekitar 200 Milyar ton per tahun. Pemanfaatannya secara tradisional hanya untuk pakan ternak, dikubur di dalam tanah, atau ditumpuk sampai kering, kemudian dibakar. Masyarakat umumnya memiliki keterbatasan pengetahuan dalam pemanfaatan residu tanaman, sehingga menghasilkan produk yang memiliki nilai tambah secara berkelanjutan. Produk-produk hasil pengolahan residu tanaman, dapat berupa biogas, bioetanol, biobutanol, bihidrogen, biometanol, enzim, senyawa bioaktif, pakan ternak, jamur, protein bersel satu, asam organik, dan biokomposit. Produk-produk tersebut dapat dikategorikan ke dalam produk pangan, pakan ternak, dan biofuel, dan biofuel adalah produk yang paling menjanjikan. Pengelolaan secara anaerob merupakan pengelolaan yang paling baik, karena memerlukan biaya yang tidak terlalu besar (Kamusoko et al., 2021).

Energi terbarukan dengan bahan baku tumbuhan sejenis alga *Chlorella minutissima*, menjadi alternatif bahan bakar fosil yang jumlahnya semakin berkurang. Kendala muncul dari harga nutrisi

untuk budidaya alga yang sangat tinggi. Substitusi nutrisi menggunakan kulit kentang dan kulit jeruk nipis menjadi alternatif pengganti media tumbuh mikroalga konvensional yang mahal. Limbah berbahan kulit buah merupakan bahan bernilai nol, namun kaya nutrisi untuk media mikroba. Kedua jenis limbah ini menghasilkan kandungan biomassa dan lemak yang lebih tinggi daripada nutrisi pada media konvensional (Malakar et al., 2023).

Limbah pangan merupakan masalah lingkungan yang sangat kompleks. Jutaan ton limbah pangan dihasilkan oleh negara-negara di dunia. Penanganan limbah pangan memerlukan biaya yang tidak sedikit. Setiap tahun, industri makanan menghasilkan limbah dalam jumlah besar, yang mendorong para peneliti untuk menemukan solusi guna mengelola masalah ini secara efisien guna mendukung konsep nol limbah. Pada pembuatan minyak nimba, setelah dilakukan ekstraksi minyak, bungkil biji terbuang begitu saja di pabrik pengolahan dalam jumlah besar. Salah satu cara menekan biaya pengolahan limbah bungkil nimba adalah dengan mengolah bungkil menjadi produk bernilai tambah. Strategi ini tidak hanya mengurangi masalah lingkungan namun juga menekan biaya pengolahan limbah. Bungkil biji nimba mengandung selulosa, hemi selulosa, protein, dan lemak, serta 100% mengandung NPK, sehingga dapat juga dimanfaatkan sebagai pupuk organik. Untuk meningkatkan fungsi bungkil biji nimba, biji nimba dihaluskan ke dalam ukuran mikro, dan nano untuk menghasilkan selulosa organik. Selulosa organik dari biji nimba memiliki banyak keunggulan, selain produksinya berbiaya rendah, juga memiliki tingkat kekakuan yang baik, aspek rasio yang lebih baik, serta yang paling penting dapat didaur ulang (Rantheesh et al., 2023).

Alternatif lain penanganan limbah produk pangan adalah dengan pengeringan. Cara ini menghemat biaya transportasi limbah pangan ke tempat pembuangan. Namun limbah industri pangan yang sebagian besar merupakan limbah organik, yang kaya protein, karbohidrat, enzim dan sebagainya memerlukan metode pengeringan yang tepat, karena limbah organik ini nantinya akan dimanfaatkan menjadi produk baru dengan nilai yang lebih tinggi. Peningkatan kualitas penyimpanan, dan pengurangan biaya transportasi, penerapan teknologi pengeringan yang hemat biaya, dan berkelanjutan akan menyebabkan pengurangan tingkat kerusakan, dan pemeliharaan. Limbah juga dapat dimanfaatkan sebagai pakan ikan dan pakan unggas, sehingga dapat membantu dalam menekan biaya penanganan. Biaya proses pengeringan dapat meningkat seiring dengan peningkatan maupun penurunan suhu pengeringan (Routray et al., 2023).

3. Konsep Biaya Produksi pada Produksi Produk Pangan, dan Biokonversi

Peningkatan populasi menimbulkan kekhawatiran dalam ketahanan pangan dan ketersediaan protein. Berbagai upaya dilakukan untuk mendapatkan sumber protein baru, diantaranya dengan pembuatan protein mikroba, sebagai bahan makanan sumber protein yang ternak bergantung kepada ketersediaan ternak dan ikan. Namun protein mikroba bukanlah bahan pangan berkelanjutan karena dalam proses produksinya membutuhkan gas alam, dan bahan kimia sintetis. Kemudian ditemukan protein mikroba generasi kedua, yang diproduksi dengan mengintegrasikan energi terbarukan, digesti anaerobik, pemulihan nutrisi, teknologi penangkapan karbon, dan fermentasi. Fermentasi dilakukan pada dua bakteri pengoksidasi kaya protein, yaitu bakteri pengoksidasi metana (MOB), dan bakteri pengoksidasi hidrogen (HOB). Keduanya mendaur ulang limbah dari digesti anaerobik menjadi biomassa yang kaya protein. Teknologi yang digunakan dalam pembuatan protein mikroba generasi kedua ini adalah teknologi pemulihan energi, yang memerlukan biaya yang cukup banyak. Biaya itu meliputi biaya operasional, dan pemeliharaan, biaya investasi dan operasional yang berhubungan dengan peningkatan biogas. Selanjutnya biaya ekonomi dan lingkungan, karena menggunakan pendekatan penghilangan nutrisi, yang dilanjutkan dengan teknologi pemulihan. Biaya lainnya adalah biaya pembelian bahan kimia seperti NaOH, dan biaya listrik. Semua biaya proses pembuatan protein mikroba tersebut berpengaruh kepada kualitas produk akhir (Khoshnevisan et al., 2022).

Pembuatan biomaterial selulosa berbasis nano teknologi sangat diperlukan untuk mengurangi penggunaan bahan plastik. Namun nanoselulosa yang berasal dari tumbuhan dapat menyebabkan deforestasi, dan memerlukan air irigasi dalam jumlah besar, yang tentunya tidak hanya berpotensi

merusak lingkungan, namun juga membutuhkan biaya yang sangat besar. Salah satu biomaterial yang digunakan adalah bakteri selulosa. Penurunan biaya pembuatan bakteri selulosa di antaranya dilakukan dengan memanfaatkan produk sampingan asam, yang dihasilkan pada proses pembuatan alkohol, dan susu. Biaya produksi juga dapat ditekan dengan pembuatan bakteri selulosa menggunakan metode hidrolisis inulin, penambahan sumber nitrogen, dan budidaya strain bakteri, sehingga bakteri selulosa dapat dihasilkan. Untuk lebih menekan biaya produksi bakteri selulosa adalah dengan melakukan penyimpanan menggunakan biofilm berbahan kitosan. Kitosan selain berfungsi sebagai biofilm, juga bersifat anti bakteri, memiliki ketahanan mekanis yang baik, dan tahan udara. Akhirnya disadari bahwa proses pembuatan bakteri selulosa membutuhkan biaya media fermentasi yang mahal, dengan nilai 30% dari total biaya produksi (Cubas et al., 2023).

Selain selulosa, asam laktat juga dimanfaatkan untuk memproduksi plastik sebagai pengganti plastik yang berasal dari bahan minyak bumi. Asam laktat merupakan bahan pembuat asam polilaktat, yaitu polimer nabati yang dapat terurai untuk bahan baku plastik. Seperti pada pembuatan selulosa, asam laktat juga diproduksi melalui proses fermentasi. Jika pada produksi selulosa, biaya terbesar ditemukan pada proses fermentasi, maka pada pembuatan asam polilaktat, biaya terbesar adalah pada proses pemisahan dan pemurnian. Proses ini memakan biaya 50% dari seluruh biaya total dalam produksi asam polilaktat. Biaya lain yang cukup besar adalah biaya sumber karbon untuk proses fermentasi. Kemudian biaya sumber nitrogen, namun biaya sumber nitrogen dapat ditekan dengan penggunaan ragi dan pepton, yang kaya asam amino. Kedua bahan ini secara tradisional telah digunakan untuk memproduksi nitrogen (Augustiniene et al., 2022).

Pertanian dengan menggunakan produk transgenik (hasil rekayasa genetik) merupakan sistem pertanian berbiaya rendah saat ini. Tanaman transgenik adalah tanaman yang unggul dalam banyak hal, seperti tahan hama dan penyakit utama tanaman, sehingga mampu menekan biaya usaha tani dengan meminimalkan pembelian pestisida. Tanaman transgenik juga tahan penyemprotan herbisida, tanaman transgenik tetap tumbuh dengan baik, sementara gulma di sekitarnya mati karena disemprot dengan herbisida. Keuntungan lain menanam tanaman transgenik adalah mengurangi biaya tenaga kerja, dan mengurangi deforestasi (Badghan et al., 2020).

Penghitungan biaya produksi dalam proses pembuatan produk pangan dapat dipelajari pada proses sintesa karbohidrat buatan. Pekerjaan ini masih dalam skala laboratorium, yang menghasilkan produk karbohidrat buatan, berupa gula buatan dari golongan gula heksosa. Estimasi awal pembuatan gula heksosa buatan membutuhkan biaya €1/kg pada tahun 2020, walaupun harga gula konvensional di pasaran waktu itu hanya € 0,3/kg. Penghitungan biaya produksi gula heksosa sintetis menggunakan rumus di bawah ini:

$$C_{\text{heksosa}} [\text{€/GJ}] = (C_{\text{el}} [\text{€/GJ}]) / \eta_{\text{system}} + C_0 [\text{€/GJ}]$$

dimana C_{el} = biaya listrik, GJ = satuan Gigajoule, dan C_0 = biaya tetap non material keseluruhan.

Biaya C_0 sebagian besar merupakan penjumlahan biaya non material dari perangkat DAC (Direct Air Capture) CO_2 (Dinger & Platt, 2020).

Produksi asam malat yang merupakan produk biokonversi, biasanya berasal dari xilosa yang diambil dari biomassa lignoselulosa (LB), lalu diubah menjadi asam L-Malat (LMA). Asam malat merupakan bahan yang banyak digunakan sebagai perisa atau penambah rasa pada produk pangan dan minuman. Biomassa lignoselulosa ini tersedia sangat banyak di seluruh dunia. Kulit jagung, kulit nanas, tongkol jagung, jerami padi, tandan kosong kelapa sawit, batang kelapa sawit, dan ampas tebu bisa menjadi sumber biomassa lignoselulosa, yang biasanya hanya dimanfaatkan petani sebagai pakan ternak, atau dibakar jika jumlahnya sangat banyak. Namun biokonversi LB secara konvensional sering berdampak buruk bagi lingkungan, dan memerlukan biaya yang banyak. Pre-treatmentnya meliputi proses fisik, kimia, dan hidrolisis enzimatis. Biaya yang tinggi tersebut diperlukan untuk mengelola limbah, dan bahan kimia beracun sebelum dibuang ke tempat pembuangan limbah. Kegiatan pre treatment merupakan kegiatan yang paling banyak memakan biaya, yaitu sekitar 33 % dari total biaya yang digunakan (Bich et al., 2021).

SIMPULAN

Penelusuran jurnal terindeks scopus dengan kata kunci konsep produksi dalam memproduksi produk pertanian dan industri pangan diperoleh 84 literatur, dimana 62 literatur memasuki fase seleksi, dan pada fase retrieval tetap tersisa 62 literatur. Setelah jurnal di-download, kemudian di-upload ke sistem, tersisa 25 artikel saja yang paling relevan dengan topik. Konsep biaya produksi pada pembuatan produk pertanian dan pangan, menghitung keuntungan dari biaya produksi yang meliputi biaya tenaga kerja, biaya bahan baku, biaya listrik, biaya pre-treatment, biaya bahan untuk pemeliharaan tanaman, dan biaya pakan. Biaya pemeliharaan tanaman, dan biaya pakan merupakan biaya terbesar pada sektor pertanian dan peternakan, jumlahnya bisa mencapai 60% dari total biaya keseluruhan. Sedangkan pada industri pangan, biaya pre-treatment menjadi biaya paling besar, mencapai 33% dari total biaya produksi. Intensifikasi merupakan strategi dalam menekan biaya produksi pada sistem pertanian berkelanjutan, sedangkan biokonversi, dan daur ulang menjadi strategi menekan biaya produksi pada industri pangan.

Referensi:

- Al-Sai, Z., Husin, M., Syed-Mohamad, S., Abdullah, R., Zitar, R., Abualigah, L., & Gandomi, A. (2023). Big data maturity assessment models: a Systematic literature review. *Big Data and Cognitive Computing*, 7(1). <https://doi.org/10.3390/bdcc7010002>
- Al Mahmud, M., Mobarak, M., & Hossain, N. (2024). Emerging trends in biomaterials for sustainable food packaging: A comprehensive review. *Heliyon*, 10(1), e24122. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e24122>
- Ali, M., Islam, M., Islam, M., Dipto, S., & Bari, M. (2024). Assessing the cropland changes into agroforestry and its livelihood outcomes: Evidence from northern Bangladesh. *Trees, Forests and People*, 15(January), 100497. <https://doi.org/10.1016/j.tfp.2024.100497>
- Augustiniene, E., Valanciene, E., Matulis, P., Syrpas, M., Jonuskiene, I., & Malys, N. (2022). Bioproduction of l- and d-lactic acids: advances and trends in microbial strain application and engineering. *Critical Reviews in Biotechnology*, 42(3), 342–360. <https://doi.org/10.1080/07388551.2021.1940088>
- Badghan, F., Namdar, R., & Valizadeh, N. (2020). Challenges and opportunities of transgenic agricultural products in Iran: Convergence of perspectives using Delphi technique. *Agriculture and Food Security*, 9(1), 1–13. <https://doi.org/10.1186/s40066-020-00259-5>
- Bich, T., Duong, H., Ketbot, P., Phitsuwan, P., Waeonukul, R., Tachaapaikoon, C., ... Pason, P. (2021). Bioconversion of Untreated Corn Hull into L- Malic Acid by Trifunctional Xylanolytic Enzyme from *Paenibacillus curdianolyticus* B-6 and *Acetobacter tropicalis* H-1. *J. Microbiol. Biotechnol.*, 31(9), 1262–1271.
- Bouhia, Y., Hafidi, M., Ouhdouch, Y., Mohammed, E., Mphatso, C., Zeroual, Y., & Lyamlouli, K. (2022). Conversion of waste into organo - mineral fertilizers : current technological trends and prospects. *Reviews in Environmental Science and Bio/Technology*, 21(2), 425–446. <https://doi.org/10.1007/s11157-022-09619-y>
- Cakmakci, Y., Hurma, H., & Cakmakci, C. (2024). Determination of Consumer Perceptions of Eco-Friendly Food Products Using Unsupervised Machine Learning * Çevre Dostu Gıda Ürünlerine Yönelik Tüketici Algısının Denetimsiz Makine Öğrenmesi Kullanılarak Belirlenmesi Öz. *Journal of Tekirdag Agricultural Faculty*, 21(May), 634–647. <https://doi.org/10.33462/jotaf.1319077>
- Chojnacka, K., Moustakas, K., & Mikulewicz, M. (2022). Valorisation of agri-food waste to fertilisers is a challenge in implementing the circular economy concept in practice. *Environmental Pollution*, 312(July), 119906. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2022.119906>
- Cubas, A., Provin, A., Dutra, A., Mouro, C., & Gouveia, I. (2023). Advances in the Production of Biomaterials through Kombucha Using Food Waste: Concepts, Challenges, and Potential. *Polymers*, 15(7), 1–21. <https://doi.org/10.3390/polym15071701>
- Dhagat, S., & Jujjavarapu, S. (2021). Biorefinery system for production of thermostable

- exopolysaccharide by a novel thermophile *Brevibacillus borstelensis* MK878423 and its study on impact of glucose utilization. *Biomass Conversion and Biorefinery*, 1–11.
- Dinger, F., & Platt, U. (2020). Towards an artificial carbohydrates supply on earth. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 4(July). <https://doi.org/10.3389/fsufs.2020.00090>
- Friederike, H. S., Joachim, D., & Bärbel, K. (2021). Was ist eine ökologische Schadensschwelle? *Gesunde Pflanze*, 11(March 2021). <https://doi.org/10.1007/s10343-021-00551-9>
- Giroto, F., Gueguen, S., Galeazzi, A., & Piazza, L. (2022). Water – food – energy nexus : Assessing challenges in the trend toward digitalization : The case study of an Italian winemaking industry. *Sustainability*, 41(February), 1–8. <https://doi.org/10.1002/ep.13893>
- Kamusoko, R., Jingura, R., Parawira, W., & Chikwambi, Z. (2021). Strategies for valorization of crop residues into biofuels and other value-added products. *Biofuels, Bioprod. Bioref.*, 1–15. <https://doi.org/10.1002/bbb.2282>
- Khoshnevisan, B., He, L., Xu, M., Valverde-Pérez, B., Sillman, J., Mitiraka, G., ... Angelidaki, I. (2022). From renewable energy to sustainable protein sources: Advancement, challenges, and future roadmaps. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 157(July 2021), 1–26. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.112041>
- Liu, H., Liu, N., Zhang, D., Zhu, J., & Zhu, Y. (2023). Incorporating economy and water demand rate uncertainty into decision-making for agricultural water allocation during droughts. *Water Supply*, 23(10), 4252–4262. <https://doi.org/10.2166/ws.2023.236>
- Malakar, B., Das, D., & Mohanty, K. (2023). Utilization of waste peel extract for cultivation of microalgal isolates: a study of lipid productivity and growth kinetics. *Biomass Conversion and Biorefinery*, 13(18), 17017–17026. <https://doi.org/10.1007/s13399-022-02313-7>
- Martins, A., dos Anjos, F., & da Silva, D. (2023). The lean farm: application of tools and concepts of lean manufacturing in Agro-Pastoral Crops. *Sustainability (Switzerland)*, 15(3). <https://doi.org/10.3390/su15032597>
- Meltzer, H., Eneroth, H., Erkkola, M., Trolle, E., Fantke, P., Helenius, J., ... Ydersbond, T. (2024). Challenges and opportunities when moving food production and consumption toward sustainable diets in the Nordics: a scoping review for Nordic Nutrition Recommendations 2023. *Food and Nutrition Research*, 1(68), 1–39. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.29219/fnr.v68.10489>
- Pagliaccia, D., Bodaghi, S., Chen, X., Stevenson, D., Deyett, E., De Francesco, A., ... Vidalakis, G. (2020). Two Food Waste By-Products Selectively Stimulate Beneficial Resident Citrus Host-Associated Microbes in a Zero-Runoff Indoor Plant Production System. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 4(December), 1–25. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2020.593568>
- Rantheesh, J., Indran, S., Raja, S., & Siengchin, S. (2023). Isolation and characterization of novel micro cellulose from *Azadirachta indica* A. Juss agro-industrial residual waste oil cake for futuristic applications. *Biomass Conversion and Biorefinery*, 13(5), 4393–4411. <https://doi.org/10.1007/s13399-022-03467-0>
- Routray, W., Chetry, R., & Jena, B. (2023). Drying of food industry and agricultural waste: Current scenario and future perspectives. *Drying Technology*, 41(5), 628–654. <https://doi.org/10.1080/07373937.2022.2118767>
- Vaško, Ž., & Kovačević, I. (2020). Comparison of economic efficiency of organic versus conventional farming in the conditions of Bosnia and Herzegovina. *Agriculture and Forestry*. <https://doi.org/10.17707/AgricultForest.66.2.16>
- Yoon, I., Oh, S., & Kim, S. (2024). Sustainable animal agriculture in the United States and the implication in Republic of Korea. *Journal of Animal Science and Technology*, 66(2), 279–294.