

“Optimalisasi Pertanian Berkelanjutan untuk Mendukung Indonesia Emas 2045”

Praktik Simbiosis Industri pada Sektor Pertanian : Review

Nurjaman Gunadi Putra

*Badan Penelitian dan Pengembangan Daerah (BP2D) Provinsi Jawa Barat, Jalan Kawluyaan Raya Nomor 6
Kota Bandung*

e-mail: nurjamangunadiputra@jabarprov.go.id

Abstrak

Simbiosis industri merupakan cara inovatif untuk meningkatkan produktivitas sumber daya dan merupakan salah satu pendekatan untuk mewujudkan ekonomi sirkular. Studi literatur ini dibuat dengan tujuan untuk mengetahui riset-riset berkaitan dengan simbiosis industri di sektor pertanian pada beberapa negara dan peluang implementasi simbiosis industri di sektor pertanian di Indonesia. Metode yang digunakan adalah studi literatur menggunakan penelusuran informasi dari Scopus dan Google Scholar dengan memakai kata kunci simbiosis industri dan pertanian tanpa batasan tahun, dan dokumen. Hasil penelusuran tersebut diperoleh 1 (satu) judul artikel. Berikutnya dengan strategi ke 2 menggunakan kata kunci “*Simbiosis Industri*” dan “*agriculture*”, tanpa batasan tahun, jenis dokumen diperoleh 43 judul artikel. Terdapat 16 judul artikel yang relevan dengan tujuan pembuatan review. Setelah itu, 16 artikel ditelaah lebih dalam. Kesimpulan penelitian ini adalah terdapat berbagai aspek dalam simbiosis industri di sektor pertanian dan juga praktik baik dari beberapa negara yang dapat menjadi acuan dalam pengembangan simbiosis industri di sektor pertanian di Indonesia.

Kata kunci: Simbiosis Industri, Pertanian, Studi Literatur

Pendahuluan

Simbiosis industri sering didefinisikan sebagai "hubungan apa pun antara individu dari spesies yang berbeda di mana kedua individu mendapat manfaat". Simbiosis industri merupakan gambaran kegiatan industri yang limbah atau produk sampingan dari satu aktor menjadi sumber daya bagi aktor lain. Pendekatan serupa juga dapat diterapkan dalam pengaturan aktivitas industri. Simbiosis industri juga memiliki kaitan dengan implementasi ekonomi sirkular yang dimana merupakan cara inovatif untuk meningkatkan produktivitas sumber daya dalam mendukung pertumbuhan hijau. Simbiosis industri adalah tentang penghematan dan pengurangan konsumsi dengan bekerjasama untuk memaksimalkan *output/*

keluaran yang dapat dihasilkan dari berbagai aktivitas sumber daya. Kondisi tersebut memiliki banyak manfaat ekonomi dan lingkungan (Nordregio, 2022).

Landasan praktek pembangunan simbiosis industri adalah pemikiran tentang keuntungan ekonomi serta didasarkan kepada keterlibatan bisnis dalam optimalisasi keluaran industri. Aspek keuntungan ekonomi jangka panjang sangat penting untuk keberlanjutan kegiatan simbiosis industri serta memastikan bahwa kegiatan tersebut mendorong munculnya peluang bisnis maupun inovasi baru. Pemetaan aliran material dan aliran samping yang komprehensif pada tingkat lokal dan regional untuk mengamankan pasokan dan diversifikasi sumber daya yang diperlukan. Untuk meningkatkan aktivitas simbiosis industri diperlukan berbagai dukungan baik itu dari pemerintah maupun asosiasi industri. Dukungan tersebut mencakup strategi yang komprehensif dilengkapi dengan tujuan yang mengikat, regulasi, subsidi, dan insentif yang berkaitan dengan simbiosis industri (Nordregio, 2022).

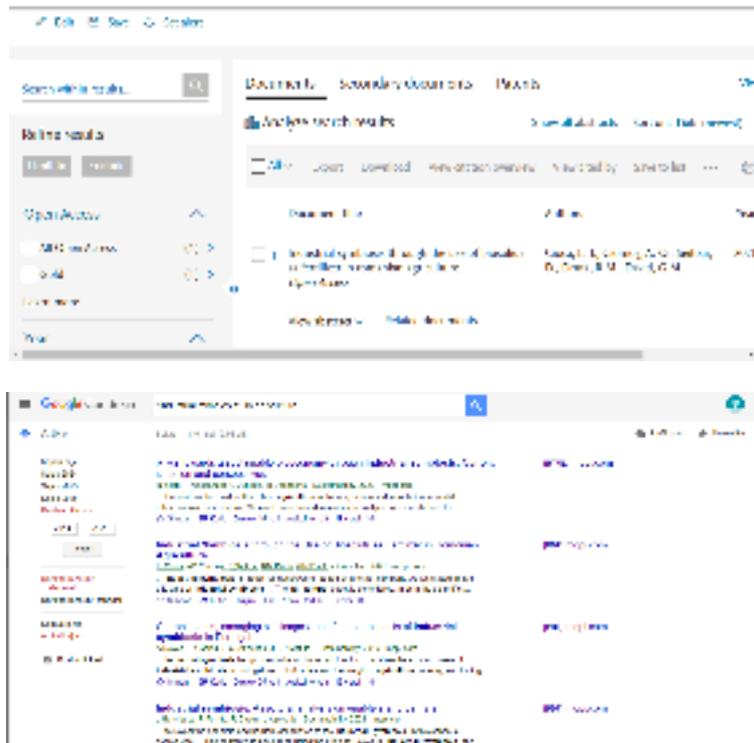
Salah satu contoh dari simbiosis industri dalam skala besar di Eropa, adalah kawasan industri Kalundborg di Denmark. Kawasan tersebut menyatukan berbagai mitra yang kondisi saat ini saling bertukar sebanyak 20 sumber daya beragam misalnya biomassa, gypsum, maupun uap. Kawasan Kalundborg didirikan pada 1961, awalnya dengan memasok air untuk kawasan tersebut, dan baru secara resmi disebut sebagai simbiosis industri pada 1989. Para pekerja di kawasan tersebut memiliki filosofi yang berbunyi “Bekerja sama adalah bisnis yang cerdas”. Nilai-nilai yang dibangun adalah kepercayaan, kerahasiaan, keterbukaan, kesetaraan dan kerja sama. Nilai-nilai tersebut memungkinkan untuk memperkuat kemitraan di Kalundborg, menghubungkan aliran energi, air, dan material, sekaligus melakukan promosi pola pikir simbiosis kepada orang lain di semua skala geografis, dari lokal hingga global (Interreg-IPA-CBC, 2022).

Berdasarkan uraian di atas, maka tujuan dari tulisan ini adalah untuk mengetahui riset-riset berkaitan dengan simbiosis industri di sektor pertanian pada beberapa negara dan peluang implementasi simbiosis industri di sektor pertanian di Indonesia.

Metodologi

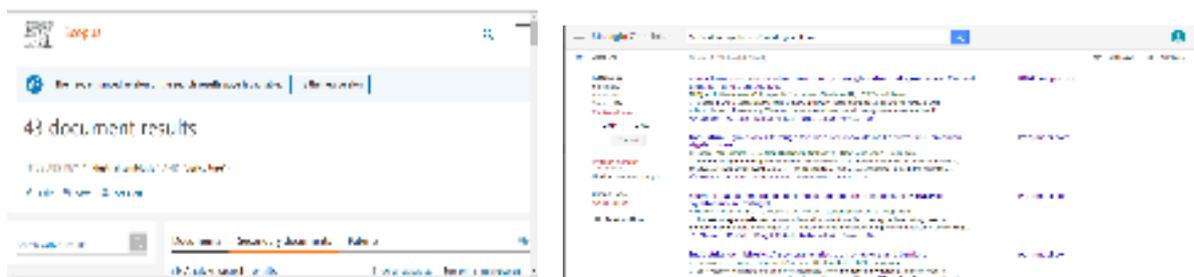
Penelusuran menggunakan database SCOPUS dan Google Scholar dengan strategi pertama menggunakan kata kunci “ Simbiosis Industri” and “agriculture” tanpa batasan tahun, dan dokumen, pada field Title, dan diperoleh 1 (satu) judul artikel (Gb.1). Berikutnya dengan strategi ke 2 menggunakan kata kunci “Simbiosis Industri” dan “agriculture”, tanpa batasan tahun dan jenis dokumen, pada field Ti, Ab, dan Kw. Diperoleh 43 judul artikel (Gb.2). Setelah

dilakukan cleaning data, maka diperoleh sebanyak 16 judul artikel yang relevan untuk dibuat riviw, sesuai tujuan yang telah ditetapkan (Tabel 1).



Sumber: Penelusuran penulis

Gambar 1. “*Simbiosis Industri “ and (“agriculture”) in Ti*, tanpa batasan tahun dan dokumen



Sumber: Penelusuran penulis

Gambar 2. “*Simbiosis Industri “ and (“agriculture”) in Ti, AB, and KW*, tanpa batasan tahun dan Dokumen

Berdasarkan penelusuran yang dikakukan seperti gambar 1 dan 2 di atas, maka dapat diringkas jumlah artikel yang sesuai dengan pencarian

Tabel 1. Resume strategi penelusuran literatur

No	Strategi (kata kunci)	Hasil (judul)
1.	<i>Simbiosis Industri “ and (“agriculture”) in Ti</i> , tanpa batasan tahun dan dokumen	1
2.	<i>“Simbiosis Industri “ and (“agriculture”) in Ti, AB, and KW</i> , tanpa batasan tahun dan dokumen	43
	Jumlah	44
	Artikel relevan	16

Hasil dan Pembahasan

Berdasarkan 16 artikel yang relevan, hasil dan pembahasan difokuskan kepada 2 (dua) aspek yaitu konsep simbiosis industri dan praktik simbiosis industri di beberapa negara.

Konsep simbiosis industri

Simbiosis Industri dan bioekonomi

Bijon, et.al. (2022), menyatakan bahwa konsep simbiosis industri (Simbiosis Industri /IS) dan bioekonomi (bioeconomy/BE), keduanya berfokus pada cara untuk mengurangi ketergantungan pada sumber daya tak terbarukan. Namun, kedua kerangka acuan ini jarang dianggap sebagai bagian dari strategi bersama untuk mencapai keberlanjutan. Di sini, kami menjelaskan bagaimana mereka saling beroperasi, dalam studi kasus IS yang terdokumentasi dengan baik, untuk mengidentifikasi pola sinergi produk sampingan organik saat ini, batasannya, dan jalur yang menjanjikan menuju inisiatif terintegrasi yang mengejar tujuan masing-masing kerangka kerja.. Hasil studi menunjukkan bahwa sinergi dengan pertanian masih diremehkan, baik oleh praktisi internal dan eksternal, sehingga disimpulkan bahwa walaupun kombinasi BE dan IS dapat mendukung keberlanjutan, hal tersebut membutuhkan strategi implementasi khusus yang belum disusun.

Faktor-faktor simbiosis berkelanjutan

Jiang, et.al. (2020) melakukan riset mengenai faktor-faktor yang mempengaruhi hubungan pembangunan simbiosis berkelanjutan antara kluster industri pertanian dan industri logistik pertanian dengan persamaan struktural, (*explanatory structural equation*) dan model penggerak sistem (*a system-driving model*) dibangun untuk pengembangan kluster usaha pertanian dan industri logistik pertanian secara simbiosis. Analisis menunjukkan bahwa dalam pengembangan simbiosis kluster usaha pertanian dan industri logistik pertanian, orientasi kebijakan makro merupakan kekuatan pendorong fundamental dan efek pengembangan simbiosis industri.

Penggunaan kembali air limbah

Pertumbuhan populasi yang cepat akan menimbulkan intensifikasi dalam kegiatan pertanian yang memanfaatkan sebagian besar penarikan air tawar global, menekankan tidak hanya sektor air, tetapi juga sektor energi karena peningkatan permintaan pupuk komersial intensif energi. Produksi pupuk global, selain penurunan cadangan fosfor di seluruh dunia, mengalami penurunan untuk memenuhi permintaan yang meningkat dengan kapasitas yang ada. Sebagai bagian dari pembangunan berkelanjutan, petani harus mengadopsi sumber daya alternatif yang menyeimbangkan lingkungan, ekonomi dan masyarakat. Penggunaan kembali air limbah merupakan peluang untuk tantangan tersebut karena dapat mengurangi tekanan pada sumber daya air yang langka dan berkontribusi pada ekonomi sirkular. Selain itu, mengandung nutrisi dalam jumlah yang relatif tinggi yang dapat menggantikan sebagian dari kebutuhan pemupukan. Dalam literatur, penggunaan kembali air limbah untuk keperluan pertanian memperoleh tingkat penerimaan yang relatif tinggi diantara populasi, terutama untuk menanam tanaman hijau. Lahlou *et al.* (2021), mengumpulkan semua penelitian tentang penggunaan kembali air limbah dalam pakan ternak yang sedang tumbuh. Temuan diperinci berdasarkan dimensi keberlanjutan sosial, lingkungan, dan ekonomi.

Pembibitan dan pemberian makan ternak

Ekonomi sirkular dan simbiosis industri mewakili model produksi dan konsumsi yang melibatkan konsep berbagi, meminjamkan, menggunakan kembali, dan mendaur ulang bahan dan produk yang ada dengan cara yang paling efisien untuk meningkatkan keberlanjutan dan mengurangi atau menghilangkan limbah. Produksi daging sapi memiliki dampak lingkungan yang tinggi dalam berbagai kategori dampak, terutama kegiatan yang berkaitan dengan pembibitan dan pemberian makan ternak. Dalam studi yang dilakukan oleh Diaz, *et al.* (2021), penilaian daur hidup/ *life cycle assessment* (LCA) dan evaluasi biaya siklus hidup dilakukan untuk meneliti langkah-langkah efisiensi energi potensial untuk mempromosikan skenario simbiosis industri mengacu pada skenario dasar yang diusulkan. Pada perspektif ekonomi, dengan menggunakan penilaian biaya daur hidup konvensional, produksi energi dari penggunaan limbah untuk pencernaan anaerobik terbukti menjadi pilihan potensial terbaik.

Bahan sisa untuk pertanian hidroponik vertikal

Menurut Martin *et al.* (2019), pertanian vertikal telah muncul di daerah perkotaan sebagai pendekatan untuk menyediakan produksi pangan yang lebih tangguh. Namun, sebagian besar kebutuhan material berasal dari luar lingkungan perkotaan mereka. Lingkungan perkotaan yang

menghasilkan sebagian besar aliran residu dan limbah, berpotensi luas untuk menggunakan aliran material dan energi tersebut sebagai masukan dalam sistem pertanian perkotaan untuk mempromosikan pendekatan ekonomi yang lebih sirkular. Tujuan dari penelitian Martin, et.al. (2019), adalah untuk menilai kinerja lingkungan menggunakan aliran bahan sisa untuk pertanian hidroponik vertikal di lingkungan perkotaan untuk mendukung pasokan makanan perkotaan yang lebih sirkular, tangguh, dan berkelanjutan. Penilaian siklus hidup (*Life Cycle Assessment/ LCA*) digunakan untuk menilai penggantian media tanam konvensional dan pupuk dengan aliran sisa perkotaan. Kertas, kompos, dan biji-bijian bekas pembuat bir dinilai baik untuk pengganti tanah kebun konvensional yang digunakan dalam sistem yang dipelajari.

Symbiotic Urban Agriculture Networks (SUANs)

Menurut Lange *et.al* (2017), *Symbiotic Urban Agriculture Networks (SUANs)* merupakan kelas spesifik dari jaringan simbiotik yang bertujuan untuk menutup *loop* material dan energi di perkotaan dan pertanian perkotaan. Pemangku kepentingan swasta dan publik di SUAN menghadapi kesulitan dalam implementasi swasta intervensi desain teknologi dan organisasi karena sifat kompleks lingkungan pertanian dan perkotaan. Penelitian Lange *et.al* (2017), adalah tentang dinamika jaringan simbiotik, terutama Simbiosis Industri yang didasarkan pada data historis dari praktik, dan hanya menyediakan sebagian untuk pemahaman jaringan simbiotik sebagai sistem adaptif kompleks sosioteknis. Dengan menambahkan teori dan metodologi dari Ilmu Desain, metode partisipatif, dan dengan menggunakan pemodelan berbasis agen sebagai alat, pengetahuan preskriptif dikembangkan dalam bentuk aturan desain yang membimbing dan teruji untuk SUAN. Diusulkan metode Ilmu Desain konseptual dengan tujuan untuk mengembangkan strategi pemodelan berbasis agen partisipatif yang divalidasi secara empiris yang memandu intervensi desain sosioteknik dalam SUAN. Selain itu, diagendakan penelitian untuk strategi lebih lanjut, intervensi desain, dan pengembangan model melalui studi kasus terkait SUAN. Agenda penelitian melengkapi pekerjaan analitis yang ada dengan menambahkan pendekatan Sains desain yang diperlukan, yang berkontribusi untuk menjembatani kesenjangan antara teori dinamika IS dan masalah desain praktis yang kompleks.

Peningkatan sumberdaya menggunakan limbah

Kanematsu *et.al.* (2017) menerangkan bahwa simbiosis industri adalah pilihan untuk mengurangi limbah dan meningkatkan produktivitas sumber daya dengan menukar limbah yang dapat digunakan atau produk sampingan antar industri yang berdekatan. Sementara

contoh kasus simbiosis industri sebagian besar telah dilakukan di kawasan industri, penerapan simbiosis industri ke pedesaan harus dikaji dengan cermat sebagai sarana untuk merevitalisasi pertanian lokal, kehutanan, dan industri terkait. Sebuah metode perencanaan sistem dengan simbiosis industri sangat diperlukan untuk mengekstraksi esensi dari integrasi sistem antara sistem proses industri yang berbeda. Dalam studi Kanematsu et.al. (2017) diusulkan suatu prosedur sistematis untuk merencanakan simbiosis industri di pedesaan. Pertama, masalah perencanaan yang harus diselesaikan untuk penerapan simbiosis industri ditandai dengan membandingkan kondisi di kawasan industri dan pedesaan berdasarkan pemodelan aktivitas yang diterapkan dalam desain proses kimia sistematis. Prosedur perencanaan simbiosis industri untuk memecahkan masalah tertentu divisualisasikan sebagai model aktivitas. Berfokus pada simulasi perubahan aliran material dan energi dalam masalah perencanaan yang dikarakterisasi, struktur data yang mengaktifkan aktivitas tertentu dibangun dengan pemodelan data. Model aktivitas dan data yang dikembangkan divalidasi melalui demonstrasi contoh kasus aktual simbiosis industri di pedesaan. Klarifikasi kesamaan dan perbedaan antara berbagai bidang dan industri berdasarkan pemodelan tersebut memberikan fasilitasi perencanaan simbiosis industri.

Konsep Taman eko-industri / *Eco Industrial Park* (EIP)

Taman eko-industri sektor agroindustri adalah sistem simbiosis yang melibatkan masyarakat, ekonomi dan alam yang mengintegrasikan pertanian dan industri. Taman eko-industri kompleks agroindustri “usaha dan rumah tangga petani” skala kecil dengan model kerangka pertukaran produk limbah dibangun, menggunakan metode pemodelan aktor. Manfaat ekonomi, lingkungan, dan sosialnya dianalisis melalui simulasi sistematis, dan dampak serta efek simbiosis agroindustri terhadap perkembangan dan evolusi ekosistem gabungan agroindustri dibahas secara mendalam dari sudut pandang simulasi sistem. Hasil simulasi menunjukkan bahwa total keluaran (*output*), total profit dan omzet simbiotik taman semuanya menunjukkan tren kenaikan yang stabil seiring dengan perubahan siklus dan peningkatan tersebut semakin nyata ketika perusahaan simbiotik bergabung. Tingkat daur ulang limbah di taman tumbuh pesat, tingkat aplikasi pestisida dan pupuk kimia berkurang secara bertahap, dan tingkat aplikasi pupuk organik meningkat. Pengembangan taman menghasilkan proporsi rumah tangga pertanian ramah lingkungan yang tinggi, menunjukkan bahwa semakin banyak petani memilih jalur pertanian ramah lingkungan (Huang, et.al. 2015).

Simbiosis Industri di berbagai negara

Simbiosis Industri di Benua Eropa

Berdasarkan penelusuran artikel, simbiosis industri paling banyak ditemukan di Benua Eropa. Beberapa negara yang sudah menerapkan simbiosis industri khususnya di sektor pertanian antara lain Rumania, Rusia, Swiss, Belanda. Secara ringkas karakteristik penerapan simbiosis industri di negara-negara Eropa dapat dilihat pada Tabel 2.

Simbiosis Industri di Benua Afrika

Studi tentang simbiosis industri sebagian besar berfokus pada pertukaran energi dan material di antara proses industri dalam upaya meningkatkan nilai dan mengurangi dampak lingkungan. Pada sistem pertanian, khususnya yang ada di negara berkembang seperti di negara Liberia yang berada di Afrika Barat terdapat banyak manfaat yang dirasakan dari implementasi simbiosis industri. Akan tetapi, masih sedikit literatur penelitian yang menganalisis manfaat potensial dari aliran material dan energi terpadu dalam pertanian skala kecil, meskipun sistem tersebut dianggap penting untuk pasokan pangan dunia dan pengentasan kemiskinan (Alfaro & Miller, 2014).

Penelitian Alfaro & Miller, (2014) banyak menjelaskan penerapan prinsip-prinsip simbiosis industri untuk pertanian skala kecil menggunakan teknik pengoptimalan untuk memaksimalkan hasil pertanian sambil meminimalkan limbah yang lebih dikenal dengan intensifikasi pertanian. Penelitian ini juga membahas riset pertanian terintegrasi (*Integrated Farming Research /IFR*) yang bertujuan untuk menciptakan teknologi baru yang meningkatkan produksi pertanian dengan memandang pertanian sebagai suatu sistem. Studi kasus difokuskan pada aktivitas pertanian di Liberia, Afrika Barat. Integrasi sistem yang dilakukan memproses masukan/ input yang menghasilkan peningkatan produktivitas serta pengurangan limbah karena dimanfaatkan lebih lanjut. Hasil analisis ini menunjukkan bahwa ada peluang yang belum terealisasi untuk simbiosis industri di negara-negara berkembang, dan integrasi teknik simbiosis industri ke dalam riset pertanian terintegrasi (*Integrated Farming Research /IFR*) memiliki peluang untuk mendukung pembangunan berkelanjutan (Alfaro & Miller; 2014).

Simbiosis Industri di Benua Amerika

Hasil penelusuran literatur terkait penerapan simbiosis industri di Benua Amerika berasal dari negara Kanada dan Brazil. Kedua negara tersebut memiliki karakteristik yang berbeda diantara keduanya.

Tabel 2. Karakteristik Simbiosis Industri di beberapa negara Benua Eropa

No.	Nama Negara	Karakteristik Simbiosis Industri
1.	Rumania	Pemanfaatan lumpuh limbah (<i>sewage sludge</i>) menjadi bio solid merupakan salah satu implementasi simbiosis industri. Bio solid dapat digunakan menjadi pupuk di sektor pertanian maupun sebagai bahan bakar. Jika seluruh produksi lumpur limbah di Rumania tahun 2019 digunakan sebagai pupuk, perkiraan pengurangan biaya bagi petani akan menjadi hampir 3 juta Euro. Perkiraan penghematan pada tahun 2019 dari limbah dan utilitas air, jika lumpur limbah telah digunakan dalam pertanian akan menjadi sekitar 3,9 juta Euro. (Cioca, et.al. 2021)
2.	Rusia	Pengolahan limbah makanan khususnya limbah dari restoran komersial di Rusia menjadi pupuk untuk sektor pertanian menjadi contoh implementasi dari Simbiosis industri. Untuk mengumpulkan limbah makanan dari restoran-restoran, para petani di Rusia perlu melakukan koordinasi dengan asosiasi pengusaha restoran di sana. Hal ini agar limbah yang akan diolah dapat diperoleh dalam jumlah yang banyak. Selain itu, dengan adanya pemanfaatan limbah tersebut, dapat memperbanyak rantai pasokan di sektor pertanian di Rusia. (Filimonau & Ermolaev, 2022)
3.	Swiss	Implementasi simbiosis industri di negara Swiss merupakan kolaborasi antara sektor pertanian/ pangan dengan sektor energi. Hal ini dikarenakan kedua sektor tersebut saling melengkapi juga dimana terdapat keterkaitan dalam pemanfaatan limbahnya. Misalkan limbah biomassa/ limbah pertanian dapat diolah menjadi energi. Penerapan simbiosis industri di negara Swiss banyak dilakukan di kawasan perdesaan karena kedua sektor tersebut berkembang pesat di perdesaan. Simbiosis industri dengan pemanfaatan limbah tersebut juga dapat mendukung pengurangan pemanasan global karena efek rumah kaca di Swiss. (Burg, et.al. ,2021)
4.	Belanda	Biogas dari limbah ternak merupakan salah satu solusi dalam upaya menghasilkan energi baru dan terbarukan. Sebelum menjadi biogas, di negara Belanda pernah dilakukan pengolahan limbah ternak menjadi pupuk. Akan tetapi, terjadi ketidakseimbangan pasar terkait supply demand dari pupuk tersebut. Oleh karena itu, atas diskusi berbagai pihak seperti peternak, industri pengolah limbah maupun pemerintah sepakat untuk mengolah limbah ternak menjadi bio gas. Hal ini masih berlangsung hingga saat ini. (Yazan, et.al, 2018)

Sumber: Dikutip dari berbagai sumber (olahan penulis)

Simbiosis industri di Kanada

Studi kasus simbiosis industri di negara Kanada dilakukan dengan cara upaya mengeksplorasi manfaat potensial penerapan pendekatan simbiosis industri di bidang pertanian

dan hortikultura. Studi kasus dilakukan pada Taman Industri Ramah Lingkungan (*Eco Industrial Park/ EIP*) yang bertujuan melihat potensi penerapan simbiosis industri pada EIP. Kegiatan simbiosis industri berupa pengolahan kotoran sapi perah untuk menghasilkan biogas dan bio *digestate*. Biogas menggantikan gas alam untuk memasok panas kepeternakan dan karbon dioksida (CO₂). Sedangkan Bio *digestate* dipisahkan menjadi pupuk cair dan substrat padat; yang pertama menggantikan pupuk kimia dan media tumbuh tanaman dan jamur. Pertumbuhan jamur memancarkan CO₂ yang berventilasi konvensional tetapi dapat digunakan untuk merangsang pertumbuhan tanaman di rumah kaca. Metode penilaian daur hidup (*Life Cycle Assessment*) digunakan untuk mengukur manfaat lingkungan dari EIP dibandingkan dengan peternakan komunal diluar EIP. (Feiz et al. 2021)

Simbiosis industri di Brazil

Hasil riset dari Santos & Magrini (2018), berpendapat bahwa konsolidasi konsep *biorefinery* memiliki potensi untuk berkontribusi pada pembangunan berkelanjutan kawasan agroindustri, khususnya di negara berkembang. Pendekatan simbiosis industri dapat memanfaatkan potensi ini melalui kerja sama industri, mendorong bisnis baru, inovasi dan penciptaan lapangan kerja ditambah dengan pengurangan dampak lingkungan. Kami berpendapat bahwa menggabungkan konsep *biorefinery* dan pendekatan simbiosis industri akan memperkuat daerah sentra pertanian, Studi kasus dilakukan wilayah Norte Fluminense Brasil, dimana wilayah ini yang sangat bergantung pada pendapatan minyak & gas tetapi masih memiliki tradisi di bidang pertanian dan agroindustri. Empat skenario dikembangkan dalam kajian ini adalah *baseline*, jangka pendek, menengah dan panjang dengan dukungan matriks sinergi dan analisis aliran material. Delapan belas aliran limbah diidentifikasi dan enam belas ditangani melalui skenario. Dalam skenario “*Quick-wins*” diidentifikasi sebagai residu dalam skenario referensi (CO₂, minyak fosil dan ragi bekas) yang dapat diserap oleh industri yang saat ini. Emisi masing-masing 350 ribu dan 55 ribu ton per tahun limbah padat dan CO₂ dapat dihindari dalam jangka panjang.

Simbiosis Industri di Benua Asia

Simbiosis industri di Malaysia

Hasil kajian dari Sharib & Halog, (2017) menjelaskan bahwa Malaysia telah mengalami pertumbuhan yang luar biasa, berkembang dari ekonomi berbasis pertanian menjadi ekonomi industri berbasis manufaktur yang lebih maju. Industri karet alam telah menjadi sektor penting bagi pembangunan ekonomi Malaysia, menyumbang RM 33,7 miliar (USD101,1 miliar) atau

4,69% dari Laba Domestik Bruto (PDB) negara tersebut pada tahun 2013. Kajian ini juga bertujuan untuk menerapkan simbiosis industri pada pengembangan industri bilateral *Rubber City* yang diusulkan di Kedah, Malaysia. Konsep simbiosis industri dapat dianggap sebagai alat strategis untuk meningkatkan kelestarian lingkungan dan sosial ekonomi industri karet. Penelitian melibatkan analisis pemangku kepentingan. Simbiosis industri digunakan untuk mengidentifikasi prioritas dan peluang strategis untuk inisiatif *Rubber City*.

Kerangka simbiosis industri berfokus pada tiga produk utama hilir karet alam: blok karet alam, ban, dan sarung tangan. Untuk mengidentifikasi sinergi dalam siklus sumber daya dan pengelolaan limbah menggunakan Analisis Aliran Material (MFA) dan data Input-Output (IO) berdasarkan data Analisis Daur Hidup (Life Cycle Assessment/LCA) sebelumnya untuk masing-masing dari ketiga utama yang mencakup lima potensi industri yang terintegrasi dalam kerangka konseptual.

Simbiosis industri di China

Menurut Liu (2015), seiring dengan proses industrialisasi dan urbanisasi yang cepat. Akan tetapi, di sisi lain perkembangan ekonomi China terhambat oleh keterbatasan sumber daya (semakin langka) dan lingkungan yang terkontaminasi. *Eco-industrial park* (EIP) sebagai praktik ekologi industri yang signifikan telah menjadi salah satu faktor penting dalam pembangunan ekonomi sirkular dan pembangunan berkelanjutan China. Namun, rantai pengembangan EIP pada umumnya masih bersifat silo sehingga kurang terjadi kolaborasi pada sektor pertanian, industri, dan jasa yang dapat mendukung pembangunan *Eco-industrial park* (EIP). Oleh karena itu, kerangka konstruksi taman ekologi agroindustri *Eco-industrial park* (EIP) diusulkan oleh Liu (2015), termasuk konsepsi, model pengembangan, signifikansi konstruksi dan prinsip-prinsip desain. Konsepsi EIP agroindustri adalah simbiosis industri regional yang didasarkan pada inti kawasan industri dan terdiri atas kompleks “sosial-ekonomi-alam” yang melibatkan berbagai jenis aktivitas industri terkait dengan pertanian, organisasi koperasi, petani, desa dan lahan pertanian di sekitar EIP. Selain itu, kategori EIP berdasarkan luasan wilayah dibagi menjadi 3 level yaitu: (1) level kecil yang melibatkan perusahaan yang digabungkan dengan petani, (2) level meso yang melibatkan taman inti yang digabungkan dengan pedalaman, (3) level regional. Pembangunan EIP sektor agroindustri dapat bermanfaat dalam pemanfaatan sumber daya di sekitarnya secara komprehensif dan penghematan biaya logistik, keunggulan kompetitif jaringan simbiosis industri juga dapat ditingkatkan. Berdasarkan teori simbiosis industri dalam pengembangan EIP tersebut, maka dilakukan riset

yang menggunakan studi kasus kawasan pengembangan ekonomi teknologi nasional (*Nantong Economic and Technological Development Area / NETDA*) yang berada di Zhengzhou. NETDA ini merupakan satu-satunya kawasan industri tingkat negara bagian di provinsi Henan yang terkenal dengan produksi terbesar produk pertanian dan sampingan. Dikombinasikan dengan karakteristik daerah dan keunggulan sumber daya, NETDA dibangun sebagai ekosistem simbiosis industri berbasis agribisnis melalui tiga produk utama yang disertai rantai pasoknya, yaitu: 1) Produk-produk kendaraan rendah emisi yang disediakan untuk petani, 2) Produk kedua, alat mekanisasi pertanian, yang berfokus pada mesin pertanian yang disediakan oleh perusahaan manufaktur untuk kebutuhan produksi pertanian berbasis perdesaan disekitar kawasan, 3) Produk ketiga, yang fokus pada produk pertanian.

Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan

Berdasarkan hasil pembahasan pada bagian sebelumnya, dapat disimpulkan bahwa pada rentang tahun penelitian yang ditemukan berada pada 2014 – 2022, dengan bahasan konsep simbiosis industri yang menjelaskan faktor-faktor yang dapat mendukung praktik simbiosis industri dapat terjadi dan berlangsung secara berkelanjutan. Simbiosis industri dapat berjalan dengan baik jika terdapat kolaborasi dari banyak pihak. Selain itu, dengan adanya literatur praktik Simbiosis industri yang telah berlangsung di beberapa negara, dapat disimpulkan bahwa pengembangan simbiosis industri pada sektor pertanian di Indonesia sangat potensial.

Saran

Berdasarkan kesimpulan di atas, maka penulis menyarankan perlunya dilakukan studi lanjutan terkait penerapan simbiosis industri sektor Pertanian di negara Indonesia.

Ucapan Terima Kasih

Penulis menyampaikan terimakasih terutama kepada Kepala Bidang Inovasi dan Teknologi, Badan Penelitian dan Pengembangan Daerah (BP2D) Provinsi Jawa Barat yang mendukung hingga tulisan ini dapat disampaikan pada Seminar Nasional ini.

Daftar Pustaka

- Alfaro, J., Miller, S. (2014). Applying Simbiosis Industri to Smallholder Farms: Modeling a Case Study in Liberia, West Africa. *Journal of Industrial Ecology* 18(1), pp. 145-154
- Bijon, N., Wassenaar, T., Junqua, G., Dechesne, M. (2022). Towards a Sustainable Bioeconomy through Simbiosis Industri: Current Situation and Perspectives. *Sustainability (Switzerland)* 14(3), 1605

- Burg, V., Golzar, F., Bowman, G., Hellweg, S., Roshandel, R. (2021). Symbiosis opportunities Between food and energy system: The potential of manure-based biogas as heating source for greenhouse production. *Journal of Industrial Ecology* 25(3): 648-662
- Cioca, L.-I., Ciomoș, A.-O., Șeitoar, D., Druță, R.M., David, G.M. (2021). Industrial symbiosis through the use of biosolids as fertilizer in Romanian agriculture. *Recycling* 6(3), 59.
- Diaz, F., Vignati, J.A., Marchi, B., Zanoni, S., Romagnoli, F. (2021). Effects of Energy Efficiency Measures in the Beef Cold Chain: A Life Cycle-based Study. *Environmental and Climate Technologies* 25(1): 343-355
- Feiz, R., Larsson, M., Ekstrand, E.-M., (...), Ometto, F., Tonderski, K. (2021). The role of biogas solutions for enhanced nutrient recovery in biobased industries—three case studies from different industrial sectors. *Resources, Conservation and Recycling*. 175, 105897
- Filimonau, V., Ermolaev, V.A. (2022). Exploring the potential of Symbiosis Industri to recover food waste from the food service sector in Russia. *Sustainable Production and Consumption* 29 : 467-478
- Huang, Y.-Q., Liu, J.-R., Wang, X.-H. (2015). Agent-based modeling and simulation of agro-industrial compound eco-industrial park. *Journal of Ecology and Rural Environment* 31(3), 1673-4831. 03-0301-07, pp. 301-307
- Interreg-IPA-CBC (2022). A good example of Symbiosis Industri. <https://symbiosisproject.eu/a-good-example-of-industrial-symbiosis/>, diakses 25 April 2024.
- Jiang, Y., Yao, G., Xu, J., Tian, Y. (2021). Study in driving strategy and analysis of Sustainable and symbiosis development relationship between agricultural industrial clusters and agricultural logistics industry. *Sustainability (Switzerland)* 13 (24) , 13800
- Kanematsu, Y., Okubo, T., Kikuchi, Y. (2017). Activity and data models of planning processes for Symbiosis Industri in rural areas. *Kagaku Kogaku Ronbunshu* 43(5): 347-357
- Lange, K.P.H., Korevaar, G., Oskam, I.F., Herder, P.M. (2017). Developing and understanding design interventions in relation to Symbiosis Industri dynamics. *Sustainability (Switzerland)* (5), 826.
- Lahlou, F.-Z., Mackey, H.R., Al-Ansari, T. (2021). Waste water reuse for livestock feed irrigation as a sustainable practice: A socio-environmental-economic review *Journal of Cleaner Production* 294, 126331
- Liu, J., Nie, X., Zhou, C., Shi, Y., Liu, R. (2015). The design of agri-industrial ecological park: A case study of Zhengzhou national economic-technological development area. *Shengtai Xuebao* 35(14), pp. 4891-4896
- Martin, M., Poulidikou, S., Molin, E. (2019). Exploring the environmental performance of urban symbiosis for vertical hydroponic farming. *Sustainability (Switzerland)* 11(23), 6724
- Nordregio. (2022). What is Symbiosis Industri? <https://nordregio.org/nordregio-magazine/issues/industrial-symbiosis/what-is-industrial-symbiosis/>, diakses 23 April 2024.
- Santos, V.E.N., Magrini, A. (2018). Biorefining and Symbiosis Industri: A proposal for regional development in Brazil. *Journal of Cleaner Production* 177, pp. 19-33.
- Scaler. (2022). The benefits. <https://www.scalerproject.eu/why-industrial-symbiosis/the-benefits/>, diakses 22 April 2024.
- Sharib, S., Halog, A. (2017). Enhancing value chains by applying Industrial Symbiosis concept to the Rubber City in Kedah, Malaysia. *Journal of Cleaner Production* 141, pp. 1095-1108