

Optimalisasi Sumber Daya Pertanian Indonesia untuk Mendukung Program Ketahanan Pangan Dan Energi Nasional

Erry Ika Rhofita

Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Sunan Ampel Surabaya, Indonesia

Laboratoire de Génie Chimique, Université de Toulouse, Perancis

email: erryikarhofita@uinsby.ac.id

Dikirim;28-12-2022; Direvisi; 28-4-2022; Diterima; 13-4-2022

ABSTRACT

As an agricultural country, Indonesia had abundant natural resources necessary to realized national goals. Natural resources, particularly agriculture, had focused on achieving food resilience throughout history. At the same time, it could also be used to enhanced the energy resilience program by utilizing the agricultural residue as a raw material for bioenergy production. Moreover, since 2019, the Covid-19 pandemic had threatened national stability, including food resilience and the economy. Hence, the Indonesian government decided to developed a food estate program in several provinces through marginal land intensification to produced the food. This study aimed to assessed the agricultural resources' potential to supplied food and energy and its optimization strategies to realized the national defense goals.

The research design of this study used descriptive analysis to evaluated the state of agricultural resources. In addition, a resource-focused approach was used to figured out the theoretical potential energy of agricultural residue based on data from each year and the characteristics of crops.

The results showed that the amount of energy produced continued to rised in lockstep with agricultural production and would continue to increased gradually. The annual agricultural waste potential, such as rice residue, had been estimated to generated more than 1300 TJ of energy potential, equivalent to 10 GW of electrical energy. In the future, the sustainability of biomass residue utilization considering environmental, social, and economic factors would support national resilience programs.

Keywords: *Agricultural residue, Biomass residue, Food resilience, Energy resilience*

ABSTRAK

Indonesia sebagai negara agraris memiliki sumber daya alam yang melimpah untuk mewujudkan cita-cita bangsa. Sebatas ini pemanfaatan sumber daya pertanian hanya difokuskan untuk mendukung ketahanan pangan semata. Pada saat yang sama, pemanfaatan sumber daya pertanian dapat menunjang program ketahanan energi dengan menggunakan limbah pertanian sebagai bahan baku untuk memproduksi bio-energi. Lebih lanjut, sejak 2019, pandemi Covid-19 telah mengancam stabilitas nasional, termasuk ekonomi dan keamanan pangan. Oleh karena itu, pemerintah Indonesia mencanangkan program food estate di beberapa provinsi melalui intensifikasi lahan kritis untuk memproduksi pangan. Tujuan dari studi ini adalah menilai potensi sumber daya pertanian untuk mensuplai kebutuhan pangan dan energi, serta strategi optimalisasi untuk merealisasikan tujuan ketahanan nasional.

Pada studi ini, metode analisis deskripsi digunakan untuk mengevaluasi kondisi SDA pertanian. Selanjutnya, pendekatan terfokus pada sumber daya berdasarkan data statistik tahunan dan sifat-sifat tanaman digunakan untuk menghitung potensi energi teoritis dari limbah pertanian.

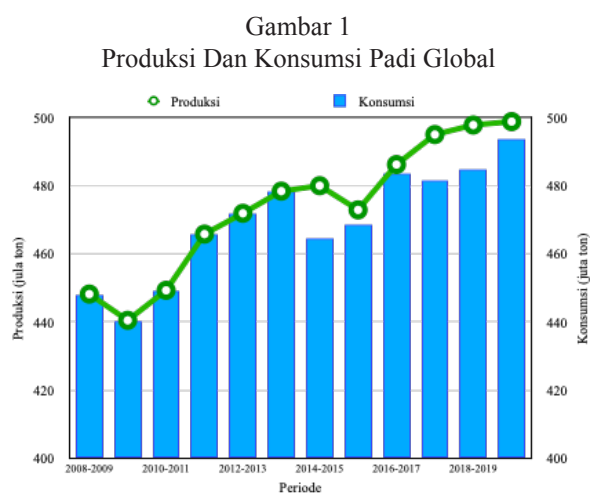
Hasil penelitian menunjukkan bahwa jumlah energi yang dihasilkan terus meningkat sejalan dengan peningkatan produksi pertanian dan akan terus meningkat secara gradual. Potensi limbah pertanian tahunan seperti limbah yang berasal dari padi diperkirakan menghasilkan energi potensial lebih dari 1300 TJ setara dengan 10 GW energi listrik. Jumlah energi yang dihasilkan tersebut diperkirakan akan terus bertambah seiring dengan meningkatnya produksi pertanian. Ke depannya, keberlanjutan pemanfaatan residu biomassa dengan mempertimbangkan faktor lingkungan, sosial, dan ekonomi akan mendukung program ketahanan nasional.

Kata Kunci: Limbah Pertanian, Limbah biomassa, Ketahanan Pangan, Ketahanan Energi

PENGANTAR

Pangan dan energi adalah dua hal yang tidak dapat dipisahkan dan menjadi penopang kehidupan manusia. Secara langsung kedua hal tersebut saling terkait satu sama lainnya dan mampu mengancam ketahanan nasional secara non-militer apabila stabilitasnya tidak dijaga dengan baik. Sebagai contoh, pada awal tahun 2008 telah terjadi serangan spekulasi terhadap sektor energi yang berhasil menaikkan harga minyak mentah dunia mencapai US\$150 per barel sebagai harga tertinggi sepanjang sejarah. Secara langsung kondisi tersebut berdampak pada lonjakan harga komoditas pangan dunia seperti beras, gandum, kedelai dan jagung sebesar tiga kali lipat akibat dari krisis ekonomi dan finansial global di penjuruan dunia (European Central Bank, 2012). Selain itu, faktor utama penyebab meningkatnya jumlah permintaan energi dan pangan adalah perkembangan jumlah penduduk, kemajuan ilmu teknologi, dan peningkatan taraf hidup manusia, yang memberikan dampak negatif terhadap lingkungan dan menurunnya cadangan serta pasokan bahan bakar fosil (yaitu minyak bumi, batu bara, dan gas alam). Lebih dari satu dekade lalu pada tahun 2009 konsumsi energi global mencapai lebih dari 340 ribu PJ, sementara tahun 2019 konsumsi energi meningkat sebesar 16.43% (418 ribu PJ). Sama halnya dengan sektor pangan, dalam kurun waktu satu dekade konsumsi pangan global yang berasal dari gandum dan padi meningkat sekitar 13% (Lihat Gambar 1).

Dengan adanya peningkatan permintaan di sektor energi dan pangan diperlukan penguatan pengembangan riset guna meningkatkan kuantitas dan kualitas produk di kedua sektor tersebut.



Sumber : Shahbandeh, 2022.

Di sektor pertanian konsep ekstensifikasi (pembukaan lahan baru), intensifikasi (peningkatan kuantitas dan kualitas produksi), dan diversifikasi melalui rekayasa genetika atau metode lain untuk mendukung program intensifikasi terus dikembangkan. Sedangkan di sektor energi, meningkatnya kebutuhan energi akan mengakibatkan pencarian sumber energi terbarukan untuk menggantikan bahan bakar fosil, seperti energi dari panas bumi (*geothermal*), sinar matahari (*photovoltaic*), air (*hydropower*), angin (*wind*), biomassa, dan pasang surut air laut (*tidal wave*). Secara tidak langsung, program pengembangan

energi terbarukan juga akan berdampak terhadap penyediaan pangan, khususnya alih fungsi lahan pertanian. Terlebih lagi pemanfaatan biomassa sebagai bahan bakar nabati atau *biofuel* sangat memberikan perubahan terhadap keberlanjutan pertanian yaitu dalam hal pemenuhan bahan baku, sehingga dikawatirkan akan menjadi pemicu permasalahan baru, seperti: (i hapus) terjadinya persaingan antara tanaman pangan dengan energi, menurunnya luasan hutan untuk dijadikan lahan produksi pangan dan energi, dan terganggunya keseimbangan lingkungan.

Setelah ancaman krisis ekonomi global, ancaman stabilitas ketahanan nasional terjadi melalui pandemi *Coronavirus Disease 19* (Covid-19) di akhir tahun 2019. Ancaman ini bukan hanya terjadi di Indonesia saja tetapi juga di seluruh penjuru dunia. Secara umum Covid-19 telah memberikan dampak signifikan semua sektor bukan hanya pada kesehatan, ekonomi, sosial, lingkungan, dan politik, tetapi secara spesifik juga mengancam ketahanan pangan dan energi. Pada sektor energi sangat terpengaruh oleh pandemi, yang mana terjadi perlambatan aktivitas transportasi, perdagangan, dan ekonomi. Di sisi lain, pandemi Covid-19 mampu menekan permintaan listrik dan bahan bakar minyak global sebesar 20% dan 57% akibat diberlakukannya PSBB atau *lockdown* di berbagai negara, (International Energy Agency, 2020). Hal serupa juga terjadi di Indonesia, pandemi Covid-19 mampu menurunkan konsumsi listrik nasional sebesar 10%. Sedangkan, total konsumsi Energi Baru Terbarukan (EBT) mengalami peningkatan sebesar 5% pada tahun 2020, meskipun terdapat gangguan pada rantai pasok dan penundaan aktivitas konstruksi serta investasi perluasan teknologi EBT.

Pada puncak pandemi tahun 2020, realisasi kapasitas terpasang pembangkit bio energi hanya mencapai 5.55% (13.7 MW) dari target yang direncanakan sebesar 246.7 MW (Dirjen EBTKE, 2020). Hal itu tidak menyurutkan peningkatan kapasitas EBT, karena biaya operasional lebih rendah dan lebih ramah lingkungan.

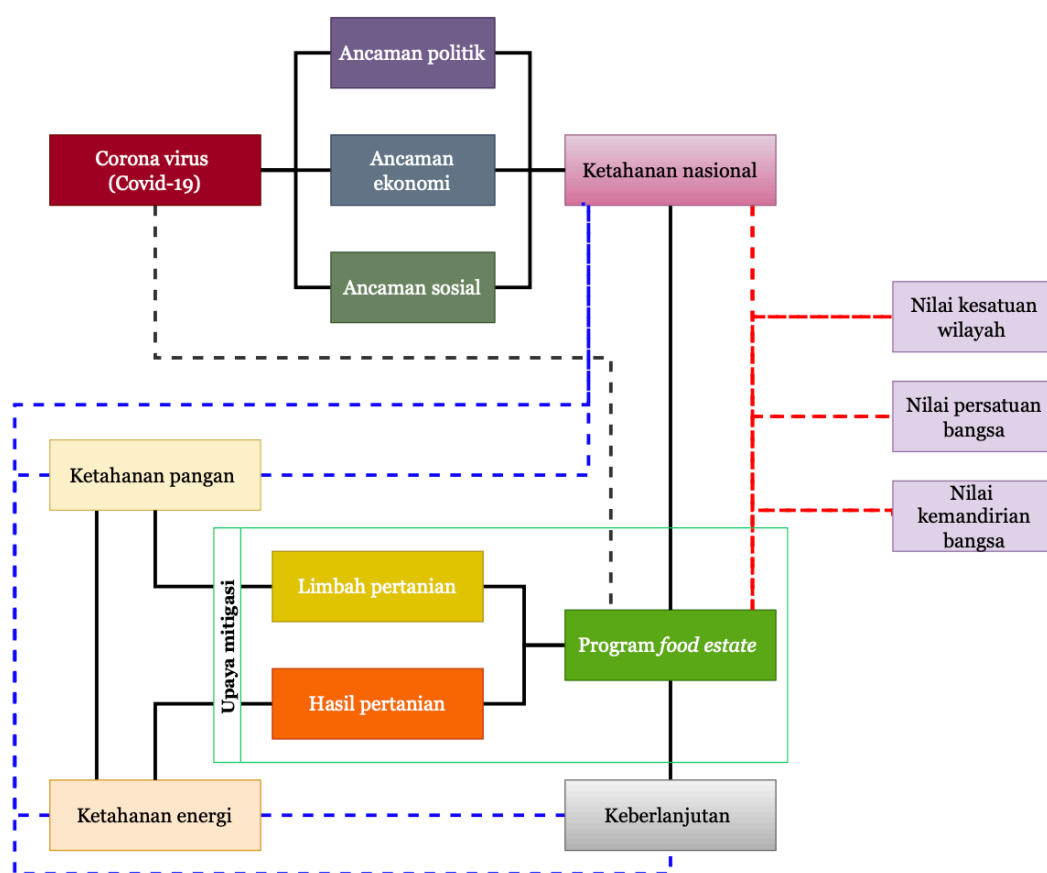
Dalam hal ketahanan pangan, pandemi Covid-19 dapat mengakibatkan terganggunya kegiatan produksi, distribusi dan konsumsi akibat diberlakukannya *lockdown* atau Pembatasan Sosial Berskala Besar (PSBB). Kondisi tersebut dapat memicu krisis pangan akibat adanya pembatasan ekspor yang dilakukan oleh beberapa negara dan berdampak terganggunya sirkulasi perdagangan bahan pokok seperti beras dan gandum. Organisasi Pangan Dunia atau *Food and Agriculture Organization* (FAO) menyatakan bahwa akan ada ancaman kelangkaan pangan di masa pandemi Covid-19 akibat terganggunya kegiatan produksi, distribusi, dan konsumsi pangan, (Preneuf, 2020). Akibatnya, untuk mengatasi situasi tersebut negara telah realokasi anggaran yang lebih besar untuk memberikan bantuan benih/bibit, program padat karya, dan jaminan stabilitas stok pangan, harga pangan, kegiatan distribusi serta transportasi pangan. Selain itu, untuk menjaga stabilitas pangan nasional negara juga memberikan Bantuan Pemerintah Non Tunai (BPNT) dalam bentuk penyediaan pangan kepada golongan masyarakat prasejahtera.

Sebagai upaya mitigasi pandemi Covid 19 di sektor pertanian, program lumbung pangan (*food estate*) yang dicanangkan oleh Presiden Republik Indonesia pada bulan Juli 2020, diharapkan mampu meningkatkan ketahanan pangan melalui percepatan produksi tanaman pangan (padi, singkong

dan jagung) yang dibudidayakan di lahan marginal. Program *food estate* merupakan konsep pengembangan pertanian dalam skala luas (lebih besar 25 Ha) sebagai program industrialisasi yang berbasis pada ilmu pengetahuan dan teknologi (iptek), modal, serta organisasi dan manajemen modern (Badan Litbang Pertanian, 2011). Konsep integrasi dan keterpaduan antar sektor, optimalisasi potensi sumber daya alam dan manusia dengan dukungan teknologi tepat guna dengan mempertimbangkan kearifan lokal dan keberlanjutan lingkungan menjadi salah satu landasan untuk merealisasikan program *food estate*. Tujuan lain yang ingin dicapai dari program *food estate*, yaitu (1) .

Menciptakan lapangan kerja baru di daerah pedesaan, diperkirakan mampu menyerap 35% tenaga kerja, (2). Mengintegrasikan sistem produksi pertanian mulai dari usaha budidaya di lahan, pengolahan pasca panen hasil pertanian beserta residu yang dihasilkan, dan rantai pasok; (3). Membuka kestabilan harga pangan akibat produksi yang melimpah; (4). Memperluas potensi ekspor produk pertanian; dan (5). Meningkatkan kualitas ekonomi masyarakat. Ditinjau dari tujuannya, program ini dapat menjadi saran untuk mendukung ketahanan energi nasional, melalui peningkatan produksi *biofuel* dengan memanfaatkan limbah pertanian sebagai bahan baku, sehingga integrasi tujuan ketahanan

Gambar 2
 Kerangka Konsep Upaya Mitigasi Pandemi Covid-19 Untuk Menjaga Kedaulatan Pangan Dan Energi Nasional



Sumber : Hasil olahan peneliti, 2020.

pangan dan energi dapat terwujud melalui sebuah program. Lebih detail, keterkaitan antara ketahanan nasional dalam hal ini ketahanan pangan dan energi dengan potensi pertanian Indonesia, khususnya program *food estate* sebagai upaya mitigasi pandemi Covid-19 ditunjukkan oleh Gambar 2.

Artikel ini bermaksud membahas secara terperinci konsep ketahanan pangan dan energi sebagai upaya mendukung ketahanan nasional melalui program optimalisasi potensi Sumber Daya Alam (SDA) pertanian Indonesia dengan dukungan dari segi regulasi dan kebijakan, infrastruktur, teknologi, dan kapasitas Sumber Daya Manusia (SDM). Metode analisis deskriptif digunakan untuk mengevaluasi kondisi SDA pertanian yang dimiliki Indonesia (Lihat Gambar 3). Analisis statistik (*statistical analysis*) digunakan untuk menentukan jumlah teoritis potensi SDA pertanian dan energi yang dapat dihasilkan dengan pendekatan

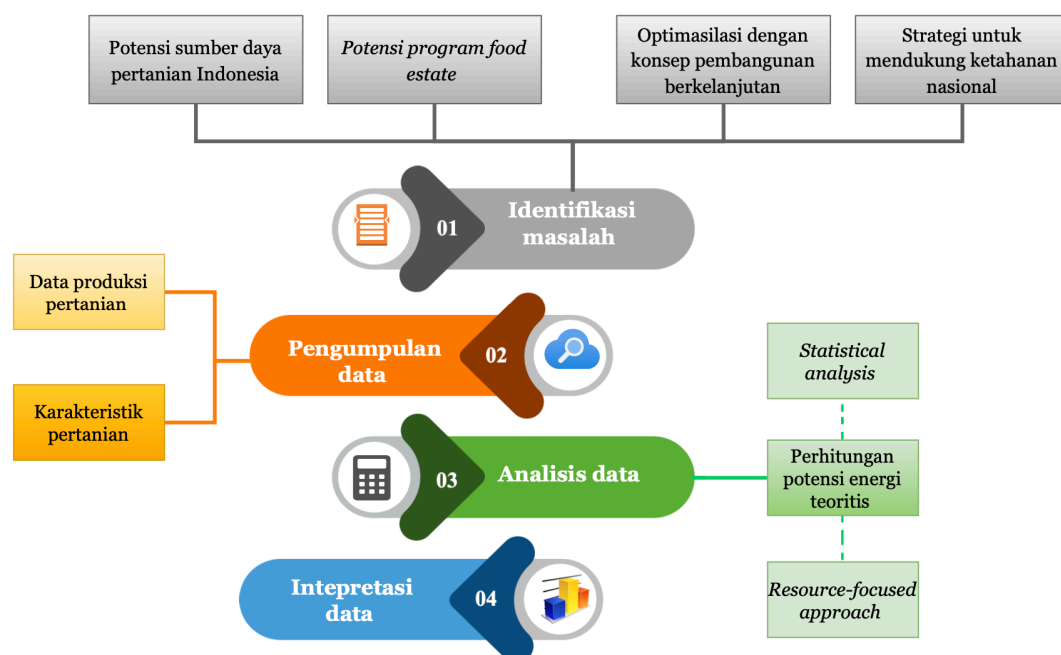
terfokus pada sumber daya (*resource-focused approach*). Hasil estimasi tersebut dapat dijadikan sebagai dasar untuk menentukan bagaimana optimalisasi potensi SD pertanian dan strategi untuk mewujudkan ketahanan pangan dan energi secara sinergi sebagai upaya menjaga ketahanan nasional dengan mempertimbangkan tujuan pembangunan berkelanjutan

PEMBAHASAN

Potensi Sumber Daya Pertanian Indonesia

Konsep Tri Gatra mencakup kemampuan geografis, kekayaan alam, dan penduduk menjadi pertimbangan negara dalam mewujudkan tercapainya ketahanan nasional melalui program ketahanan pangan dan energi. Apabila ditinjau dari kemampuan geografis, Indonesia memiliki letak yang sangat strategis (berada di antara dua benua yaitu Asia dan Australia, serta di antara dua samudera yaitu

Gambar 3
Alur Metode Penelitian



Sumber : Hasil olahan peneliti, 2020.

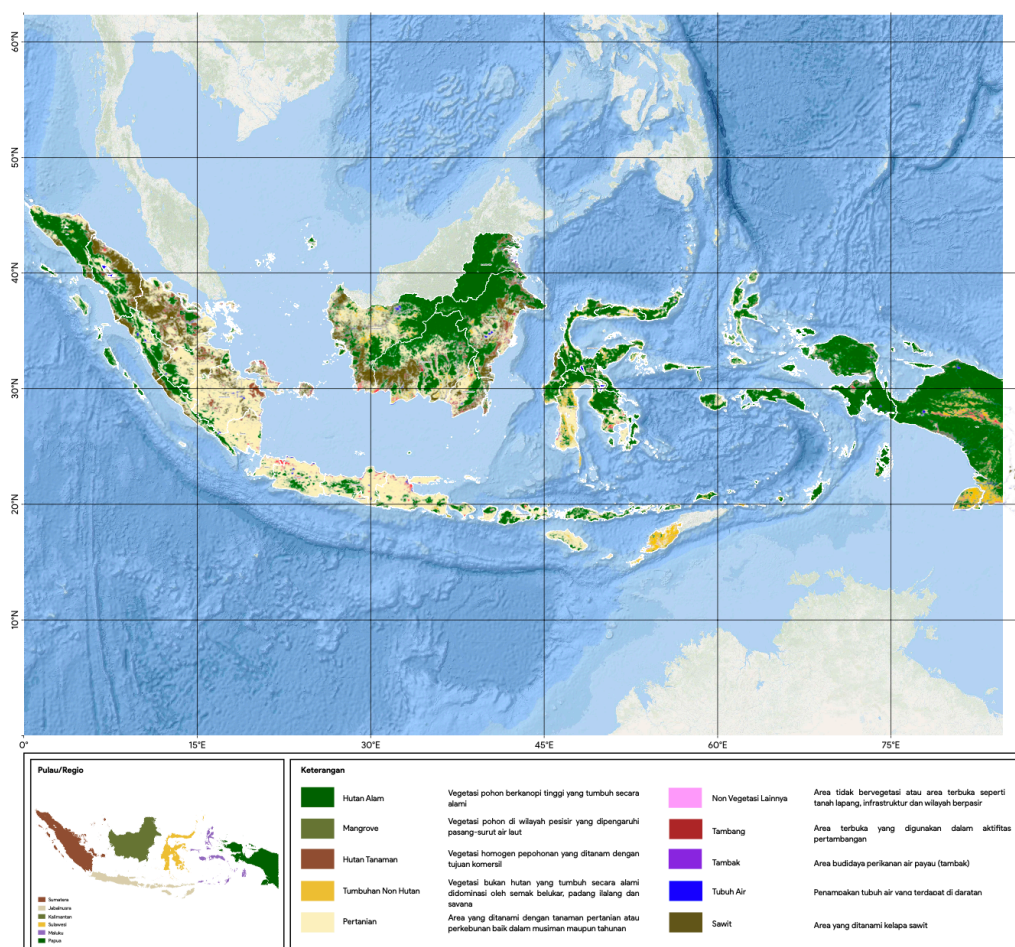
Samudera Pasifik dan Hindia) dan iklim tropis yang menjadikan Indonesia sebagai negara agraris. Indonesia memiliki tutupan lahan mencapai 190 juta Ha mengandung sejumlah SDA yang berupa hutan maupun non-hutan yang digunakan pertanian, perkebunan, semak belukar, dan peruntukan lainnya (Lihat Gambar 4).

Jika ditinjau dari luasan tutupan lahan Indonesia sangat berpotensi untuk memenuhi dan menunjang kebutuhan pangan nasional. Namun, lokasi geografis ini tidak berdiri sendiri sebagai unsur kekuatan negara tanpa ditunjang dengan unsur kekuatan lainnya, seperti dukungan kapasitas penduduk

Indonesia untuk mengelola SDA secara optimal sesuai dengan perkembangan iptek, kearifan lokal, dan konsep pembangunan berkelanjutan. Tahun 2020, nilai *Human Capital Index* (HCI) Indonesia naik sebesar 0,01% dari 0,53% di tahun 2018, (Gatti, dkk., 2020). Dengan adanya dukungan dari aspek Tri Gatra tersebut Indonesia pasti mampu mengoptimalkan segala sumber dayanya untuk menunjang ketahanan nasional.

Menurut Undang-undang No 18 tahun 2012 tentang Pangan, ketahanan pangan bukan mencakup ketersediaan dan keterjangkauan pangan, namun juga mencakup bagaimana kedaulatan pangan (*food sovereignty*),

Gambar 4
Peta Tutupan Lahan Indonesia Tahun 2019



Sumber : Anonim, 2020a.

kemandirian pangan (*food autonomy*), dan keamanan pangan (*food safety*) harus diperkuat secara berkelanjutan. Untuk mewujudkan ketahanan pangan nasional, perlu diperhitungkan beberapa hambatan dan gangguan yang membahayakan stabilitas nasional dapat berasal dari faktor alam maupun non-alam, seperti kondisi iklim atau cuaca secara signifikan mampu mempengaruhi ketersediaan pangan nasional khususnya proses produksi dan berdampak pada kuantitas dan kualitas komoditas yang dihasilkan. Selain itu, gejolak politik, secara tidak langsung akan berpengaruh terhadap keterjangkauan pangan dan mempengaruhi kondisi sosial ekonomi masyarakat. Mengingat pentingnya peran sektor pertanian bukan hanya untuk memenuhi kebutuhan pangan, tetapi juga menyokong keberlanjutan sektor industri non-pangan, seperti industri pakan ternak, kosmetik, bahkan bio energi untuk memenuhi kebutuhan bahan bakunya. Sebagai contoh, kedelai sebagai sumber utama protein dan minyak nabati, sekitar 80% digunakan sebagai bahan dasar pangan, 10% untuk bahan baku industri non-pangan, 2% untuk kebutuhan benih, dan sisanya sekitar 8% untuk pakan ternak (Wahyuningsih, 2017). Dalam sumber pangan, keterkaitan bioenergi dan pangan dapat ditinjau dari bahan baku penggunaan dan prosesnya, yaitu sebagai sumber bahan baku *bio-fuel*, bahan bakar untuk distribusi bahan pangan, dan bahan bakar pemrosesan pangan mulai dari kegiatan budidaya tanaman di lahan (pengolahan tanah), pemrosesan hasil pangan hingga menjadi makanan. Jadi dapat disimpulkan bahwa antara pangan dan energi pada dasarnya memiliki korelasi yang signifikan.

Peraturan Pemerintah No 79 tahun 2014 tentang Kebijakan Energi Nasional (KEN) sebagai pedoman pengelolaan energi nasional untuk mewujudkan kemandirian dan

ketahanan energi. Target bauran energi primer nasional dari energi baru dan terbarukan pada tahun 2025 paling sedikit 23% dan 31% pada tahun 2050 sepanjang keekonomiannya terpenuhi. Untuk mewujudkan target tersebut sektor pertanian dan perkebunan memiliki potensi bioenergi untuk menghasilkan listrik sebesar 30 GW, dengan potensi tertinggi di Propinsi Riau sekitar 4,1 GW disusul Propinsi Jawa Timur sebesar 2,8 GW. Lebih lanjut untuk mewujudkan ketahanan nasional melalui ketahanan pangan dan energi, perlu dianalisis lebih lanjut potensi komoditas pangan utama yang berasal dari padi, jagung, kedelai dan singkong. Tabel 1 menunjukkan jumlah produksi tahunan dan luas panen komoditas pangan utama berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik (BPS).

Tabel 1 tersebut menunjukkan bahwa rata-rata produksi tahunan padi, jagung, kedelai, dan singkong sebesar 68,18; 23,48; 0,75; dan 20,87 juta ton, berturut-turut. Sedangkan produktivitas rata-rata mampu mencapai 5,13 ton/ha padi; 5,23 ton/ha jagung; 1,45 ton/ha kedelai; dan 23,13 ton/ha singkong. Diperkirakan jumlah produksi dan produktivitasnya akan terus meningkat setiap tahunnya, hal tersebut secara tidak langsung akan berdampak pada peningkatan jumlah residu primer yang dihasilkan. Selama ini, residu pertanian belum dimanfaatkan secara optimal, hanya sejumlah kecil residu yang dimanfaatkan untuk pakan ternak dengan persentase tidak lebih dari 30%. Lebih dari 70% limbah pertanian seperti jerami padi, tongkol jagung dan batang singkong dibakar secara langsung di lahan (*open burning*). Di Indonesia pembakaran residu pertanian seperti jerami padi banyak terjadi di bulan Agustus sampai Oktober pada saat musim kemarau (Permadi dan Oanh,

Tabel 1
Produksi Dan Luas Panen Komoditas Pangan Utama Indonesia

Tahun	Padi		Jagung		Kedelai		Singkong	
	Produksi (juta ton)	Luas panen (ribuan ha)	Produksi (juta ton)	Luas panen (ribuan ha)	Produksi (juta ton)	Luas panen (ribuan ha)	Produksi (juta ton)	Luas panen (ribuan ha)
2011	65,76	13.203,64	17,64	3.864,69	0,85	622,25	24,04	1.184,70
2012	69,06	13.445,52	19,39	3.957,60	0,84	567,62	24,18	1.129,69
2013	71,28	13.835,25	18,51	3.821,50	0,78	550,80	23,94	1.065,75
2014	70,85	13.797,31	19,01	3.837,02	0,95	615,69	23,44	1.003,49
2015	75,40	14.116,64	19,61	3.787,37	0,96	614,10	21,80	949,92
2016	79,35	15.156,17	23,58	4.444,37	0,86	576,99	20,26	822,74
2017	81,15	15.712,02	28,92	5.533,17	0,54	355,80	19,05	772,98
2018	59,20	11.377,93	30,56	5.830,95	0,98	680,37	19,34	792,95
2019	54,60	10.677,89	29,91	5.164,33	0,43	355,94	16,52	657,38
2020	55,16	10.786,81	31,31	5.323,13	0,32	248,34	16,13	643,39

Sumber: BPS, 2020.

2013). Pembakaran limbah pertanian menjadi penyebab polusi udara karena menghasilkan gas rumah kaca seperti karbon monoksida (CO), karbon dioksida (CO₂), sulfur oksida (SO_x), nitrogen oksida (NO_x) dan partikulat lainnya dan dapat mengganggu kesehatan manusia (Anshar, Ani dan Kader, 2014). Selain itu juga menjadi penyebab kerusakan lingkungan lainnya seperti kerusakan struktur tanah karena hilangnya beberapa unsur hara tanah, menurunnya jumlah biodiversitas yang ada di tanah, dan pencemaran air tanah. Mengingat kerugian dari pembakaran limbah pertanian yang sangat besar, diperlukan sistem pengelolaan limbah pertanian secara berkelanjutan, sebagai bahan baku bio-energi.

Secara sederhana biomassa dapat dikonversi secara mekanik melalui proses pembriketan untuk menghasilkan energi sekunder dan menjadi bahan bakar pengganti batu bara pada pembangkit listrik tenaga uap (PLTU) untuk menghasilkan panas. Beberapa teknologi konversi lain yaitu termokimia (seperti pembakaran, gasifikasi, pirolisis, dan *hydrothermal liquefaction*) dan bio-kimia (seperti fermentasi, *anaerobic digestion*, dan hidrolisis) dapat diaplikasikan untuk menghasilkan panas atau listrik.

Teknologi konversi biomassa ini penting untuk dipertimbangkan dalam pemilihannya karena dapat meningkatkan kuantitas dan kualitas bio-energi yang dihasilkan.

Residu biomassa secara langsung terkait dengan hasil panen selama produksi tanaman pertanian. Semakin banyak produksi suatu komoditas, semakin banyak residu yang dihasilkan, tetapi juga bergantung pada varietas tanaman, metode pemanenan, dan kondisi lingkungan (seperti iklim) (Avcioğlu, Dayıoğlu, dan Türker, 2019). Selanjutnya perhitungan jumlah potensi dari limbah pertanian ditentukan oleh jumlah produksi tahunan komoditas, produktivitas, nilai perbandingan residu dan produk (RPR), kadar air (*moisture content*), dan nilai kalor residu (*heating value*) (Hiloidhari, Das, dan Baruah, 2014). Faktor ketersediaan residu yang dihasilkan juga akan mempengaruhi jumlah potensi energi, di mana ketersediaan tersebut erat kaitannya dengan pemanfaatan residu yang dapat digunakan sebagai bahan baku bio-energi setelah dikurangi dengan pemanfaatan untuk kegiatan lainnya, seperti untuk pakan ternak, pupuk organik, maupun bahan baku untuk keperluan industri lainnya.

Hasil analisis data secara statistik, tahun

2020 dikalkulasikan jumlah residu pertanian yang berasal dari padi, jagung, kedelai, dan singkong secara berturut-turut mencapai 82,74 juta ton jerami padi, 11 juta ton sekam padi, 25 juta ton tongkol jagung, 70,45 juta ton batang jagung, 6,45 juta ton batang singkong dan 1,12 juta ton jerami kedelai. Perkiraan tersebut dihitung secara total tanpa memperhatikan faktor ketersediaan. Jika diasumsikan faktor ketersediaan limbah pertanian sebagai bahan baku bio-energi sekitar 70%, maka total limbah pertanian dari empat komoditas pokok mencapai 137,78 juta ton. Bila dibandingkan dengan estimasi jumlah residu pertanian ditahun sebelumnya, menurun lebih dari 25%. Penurunan tersebut dipengaruhi dampak pandemi Covid-19 dan kondisi lingkungan, khususnya perubahan iklim.

Selanjutnya hasil perhitungan energi secara teoritis, tahun 2020 residu pertanian mampu menghasilkan energi listrik sekitar 14,62 GW. Lebih rinci besar energi teoritis residu pertanian ditunjukkan pada Tabel 2.

Kajian dari Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral tahun 2016 dijelaskan bahwa energi listrik dari limbah padi, jagung dan singkong berturut-turut sebesar 9,80 GW; 1,73 GW; dan 0,27 GW (Mulyana, 2016). Peraturan Presiden No 22 tahun 2017 tentang Rencana Umum Energi Nasional (RUEN) sebesar 30 GW yang berasal dari biomassa Indonesia (terdiri dari kelapa sawit, tebu, karet, kelapa, padi, jagung, ubi kayu, dan

limbah kayu), empat komoditas utama pangan Indonesia mampu memenuhi 40% kebutuhan bahan baku bioenergi nasional.

Tabel 2 tersebut menunjukkan rata-rata potensi limbah pertanian Indonesia yang berasal dari komoditas pangan utama Indonesia selama satu dekade terakhir. Selain dari komoditas pangan utama, Indonesia memiliki potensi biomassa yang berasal dari komoditas perkebunan, seperti kelapa sawit, tebu, dan kelapa. Sebagai contoh, pemanfaatan limbah kelapa sawit di Kabupaten Belitung Timur melalui konversi biokimia *anaerobic digestion* (biogas) mampu menyumbang pemenuhan listrik 2500-3000 kepala keluarga (Buasan, 2016). Potensi biomassa pertanian Indonesia yang melimpah dan berkelanjutan, sebagai salah satu sumber energi baru terbarukan Indonesia jika dimanfaatkan dengan baik dapat berkontribusi dalam pemenuhan energi listrik nasional (Marry, 2017). Untuk itu diperlukan penguatan kapasitas dan kualitas produksi dari komoditas pertanian pangan maupun perkebunan melalui kerjasama yang terintegrasi dan bersinergi antar stakeholder (pemerintah, petani, industri, akademisi, dan masyarakat).

Keterkaitan Program *Food Estate* Dengan Ketahanan Pangan dan Ketahanan Energi di Masa Covid 19

Sejak awal tahun 2020, pandemi Covid 19 memberikan dampak yang signifikan

Tabel 2
Potensi Limbah Sumber Daya Pertanian Indonesia

Komoditas	Limbah	Nilai kalor (MJ/kg)	Energi potensial (PJ)	Energi listrik potensial (GW)
Padi	Jerami	14,08 (Van Hung, dkk., 2020)	130,21	4,52
	Sekam	19,93 (Iye dan Bilsborrow, 2013)	184,30	6,40
Jagung	Tongkol	12,6 (Okello, dkk., 2013)	40,19	1,39
	Batang	15,5 (Avcioğlu, Dayioğlu dan Türker, 2019)	49,43	1,72
Kedelai	Jerami	14,99 (Wang, dkk., 2021)	5,41	0,33
Singkong	Batang	16,99 (Kemausuor, dkk., 2014)	9,41	0,19

Sumber: Hasil olahan peneliti, 2020.

terhadap semua sektor baik kesehatan, ekonomi, maupun pangan. Pada bidang pertanian, dampak yang sangat diperhatikan adalah penyediaan pangan yang sesuai dengan pilar ketahanan pangan. Penyediaan tersebut erat kaitannya dengan proses produksi dan distribusi pangan. Produksi pangan di Indonesia sedikit mengalami kendala akibat belum optimalnya mekanisasi pertanian (penggunaan teknologi dan mesin pertanian) dan masih bergantung pada tenaga manusia. Sedangkan distribusi pangan terkendala dengan adanya pembatasan mobilisasi dan aktivitas manusia sebagai upaya mitigasi penyebaran Covid 19 menjadi penyebab menurunnya kualitas hasil pertanian dan pangan yang sampai pada konsumen. Sebagai penyokong ketahanan bangsa, sektor pertanian menjadi sektor penting, sehingga pada awal terjadinya pandemi, Kementerian Pertanian menetapkan tiga agenda utama untuk menjaga ketahanan pangan, yaitu (1). Perencanaan darurat/jangka pendek yang terdiri dari stabilitas harga pangan termasuk pengendalian harga, fasilitas pembiayaan petani dan padat karya pertanian; (2). Perencanaan jangka menengah meliputi diversifikasi pangan lokal, *supporting* daerah-daerah defisit danantisipasi kekeringan; dan (3). Agenda permanen/jangka panjang yang meliputi ekstensifikasi tanaman pangan, peningkatan produksi per tahun, pengembangan korporasi petani dan pengembangan para petani milenial (Anonim, 2020b).

Dari ketiga agenda utama tersebut, negara telah melaksanakan perencanaan jangka pendek hingga saat ini terus memantau stabilitas harga kebutuhan pokok agar tidak meroket dan meningkatkan produksi pangan nasional berbasis pertanian rakyat, serta mengeluarkan kebijakan dengan

mengutamakan keberpihakan kepada petani kecil. Untuk mewujudkan hal ini negara merealokasikan anggaran yang lebih besar untuk dialokasikan pada bantuan benih/bibit, program padat karya, stabilisasi stok dan harga pangan, dan distribusi dan transportasi pangan.

Diversifikasi pangan lokal sebagai upaya mitigasi jangka menengah dalam situasi transisi menuju *New Normal* dapat dicapai melalui: pengembangan keanekaragaman pangan dengan tidak terpaku pada satu jenis komoditas, memaksimalkan manfaat tanaman lokal seperti ubi kayu, jagung, sagu, pisang, kentang dan sorgum, serta pemanfaatan lahan pekarangan melalui Program Pekarangan Pangan Lestari (P2L) yang bertujuan mendorong kegiatan *family farming* dan menjaga marwah Indonesia sebagai negara agraris (Gunawan, 2020).

Program ekstensifikasi pertanian sebagai upaya jangka panjang melalui pengembangan pertanian modern seperti: pengembangan *smart farming*, pengembangan *screen house*, pengembangan *food estate*, dan pengembangan korporasi petani. Korporasi petani sebagai model Kelembagaan Ekonomi Petani (KEP) dalam bentuk gabungan kelompok tani (gapoktan) dapat dijadikan sebagai sarana pengembangan ekonomi kerakyatan. Dalam model tersebut petani dapat bekerja sama antar gapoktan/BUIMP/korporasi petani dengan *off taker* dalam usaha budidaya pertanian hingga pemasaran dan pengolahan hasil pertanian beserta residunya.

Pengembangan program *food estate* yang merupakan salah satu Program Strategis Nasional 2020-2024 yang menitik beratkan pada pembangunan terintegrasi lintas sektor pertanian, pekebunan, dan peternakan. Penerapan konsep siklus bio-ekonomi (*bioeconomic circular*) di ketiga sektor

tersebut apabila diimplementasikan dengan optimal, limbah pertanian yang dihasilkan dapat menyokong pasokan bio-energi. Selain itu, program *food estate* direncanakan akan mengoptimalkan fungsi lahan rawa guna mempercepat produksi padi sehingga mampu peningkatan produksi pertanian sebesar 7% per tahun, (Ashari, 2020). Pada pertengahan tahun 2020, telah dikembangkan *food estate* di Kalimantan Tengah seluas 164.598 ha. Jika diasumsikan bahwa tanaman padi akan dibudidayakan dan produktivitas padi sebesar 5,14 ton/ha (BPS Indonesia, 2020), dapat diestimasikan bahwa produksi padi sekitar 846 ribu ton dan menghasilkan residu sebesar 1,27 juta ton jerami dan 170 ribu ton sekam sebagai bahan baku bio-energi. Apabila dikonversikan menjadi listrik sebesar 0,52 GW yang setara dengan 14,87 PJ energi secara teoritis.

Selain di propinsi Kalimantan Tengah, beberapa kegiatan *food estate* akan dikembangkan di propinsi Kalimantan Barat (120 ribu ha), Kalimantan Timur (10 ribu ha), Maluku (190 ribu ha), dan Papua (1,7 juta ha) (Paolo dan Agam, 2017). Pada artikel ini, diasumsikan sekitar 60% lahan digunakan untuk budidaya padi, 30% lahan untuk budidaya jagung, dan 10% lahan untuk budidaya singkong, dengan produktivitas rata-rata mengacu pada basis data Kementerian Pertanian tahun 2018 berdasarkan propinsi yang ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3
Produktivitas Tanaman Pangan Tahun 2018

Propinsi	Produktivitas (ton/ha)		
	Padi	Jagung	Singkong
Kalimantan Barat	2,67	3,77	17,78
Kalimantan Tengah	3,24	5,21	30,38
Kalimantan Timur	4,03	5,43	25,82
Maluku	4,24	1,87	19,50
Papua	4,75	2,78	13,10

Sumber: Kementerian Pertanian, 2019.

Hasil perhitungan memperkirakan potensi energi secara teoritis mencapai 114 PJ setara dengan 4 GW energi listrik. Lebih rinci, potensi energi yang dapat dihasilkan dari program *food estate* di lima propinsi dijelaskan pada Tabel 4.

Pengembangan *food estate* yang telah dicanangkan oleh pemerintah merupakan sarana untuk meningkatkan kesejahteraan sosial ekonomi masyarakat melalui peningkatan pemasukan per kapita, penurunan prosentase pemasukan kebutuhan pangan, dan penguatan penyediaan pangan nasional tanpa bergantung pada dunia luar (Basundoro dan Sulaeman, 2020). Harapannya melalui pemenuhan pangan nasional secara swasembada mampu mengurangi dampak dan potensi konflik pangan yang dapat mengganggu stabilitas nasional. Di sisi lain, program *food estate* menjaga ketersediaan dan keterjangkauan pangan melalui penguatan rantai pasok pangan dan mengurangi alih fungsi lahan dengan menjadikan pertanian sebagai pilar penyangga stabilitas ekonomi, sosial, politik dan keamanan

Tabel 4
Potensi Limbah Pertanian Dari Program *Food Estate*

Propinsi	Energi potensial (PJ)			Energi listrik potensial (GW)		
	Padi	Jagung	Singkong	Padi	Jagung	Singkong
Kalimantan Barat	3,55	4,19	0,89	0,12	0,15	0,03
Kalimantan Tengah	6,47	8,69	2,28	0,22	0,30	0,08
Kalimantan Timur	0,45	0,50	0,11	0,02	0,02	0,01
Maluku	8,93	3,29	1,55	0,31	0,11	0,05
Papua	89,54	43,80	9,29	3,11	1,52	0,32

Sumber: Hasil olahan peneliti, 2021.

negara. Untuk menjaga keberlanjutan dan merealisasikan tujuan program, diperlukan strategi tata kelola pertanian modern mulai dari hilir sampai hulu dengan memperkuat dan mensinergikan seluruh komponen baik pemerintah pusat, daerah, dan *stakeholder* (petani, akademisi, dan industri). Diperlukan pula dukungan dari tahapan perencanaan, pelaksanaan, pengawasan, dan perbaikan manajemen pertanian modern secara berkala.

Optimalisasi Pemanfaatan Sumber Daya Pertanian

Hasil perhitungan teoritis residu pertanian di Indonesia diperkirakan mampu memasok lebih dari 20% bahan baku bio-energi dan memiliki sifat berkelanjutan secara lingkungan, ekonomi, dan sosial. Jika dioptimalisasikan pemanfaatannya dengan meningkatkan kualitas pelatihan dan pendidikan, penyediaan teknologi konversi, bantuan pendanaan, kerjasama terintegrasi, dan penelitian akan mampu mendukung program ketahanan pangan dan energi secara bersama. Konsep *bioeconomy circular* dan konsep *sustainable development goals* (SDGs) untuk mewujudkan keberlanjutan dalam pembangunan dan stabilitas nasional.

Konsep *bioeconomy circular* dimulai ketika dibutuhkan solusi yang tepat untuk mengurangi kerugian yang disebabkan oleh peningkatan pembuangan limbah atau residu. Tujuan dari konsep ini adalah mengurangi biaya sosial-ekonomi-lingkungan melalui peningkatan daya saing ekonomi dengan mengubah limbah menjadi barang yang bernilai guna. Pada artikel ini residu pertanian yang berupa jerami, sekam, maupun tongkol digunakan sebagai bahan baku bio-energi. Secara tidak langsung, konsep ini melestarikan nilai sumber daya untuk

waktu yang lebih lama dan nol jumlah limbah sebagai upaya mengurangi emisi gas rumah kaca penyebab pemanasan global (Sharma, dkk., 2021). Bahan baku yang berasal dari karbon fosil, mineral, logam, biomassa akan diproduksi menjadi produk, diperdagangkan, dimanfaatkan dan kemudian masuk ke hierarki limbah dan diolah melalui kegiatan menggunakan kembali (*reuse*), mendistribusikan kembali (*redistributing*), dan mendaur ulang (*recycling*). Lebih detail konsep *bioeconomy circular* ditunjukkan oleh Gambar 5.

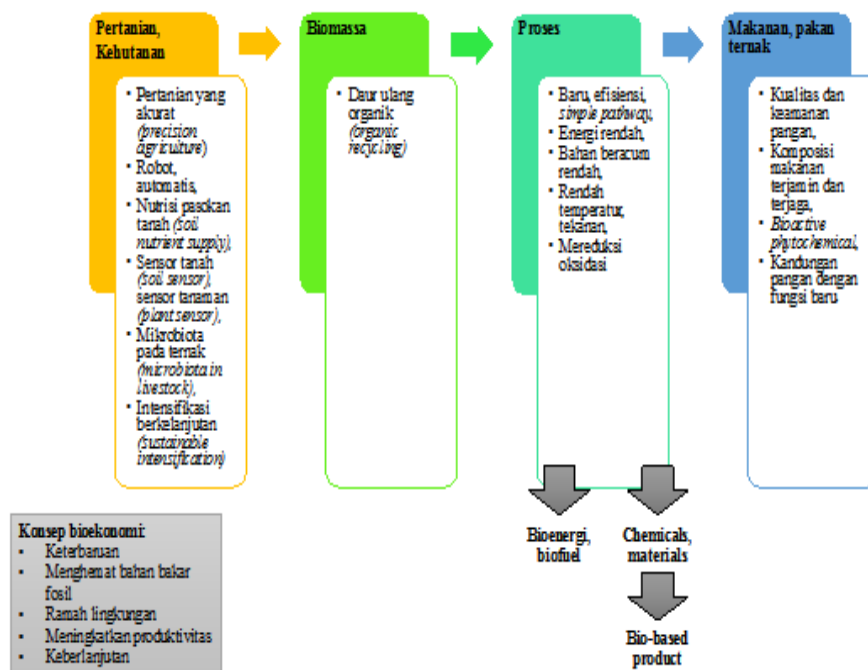
Konsep *sustainable development goals* (SDGs) yang memuat 17 tujuan dan 169 target bertujuan menjaga dan mengatur kehidupan manusia, keseimbangan penggunaan sumber daya alam untuk meningkatkan kesejahteraan sosial ekonomi, dan kelestarian lingkungan, serta dapat menjadi salah satu elemen penting dalam menjaga ketahanan nasional melalui ketahanan lingkungan (Khairina, Purnomo dan Malawnai, 2020). Dalam kaitan dengan pemanfaatan sumber daya pertanian untuk meningkatkan taraf hidup dan kesejahteraan masyarakat, pemanfaatan limbah biomassa telah mendukung beberapa tujuan dalam SDGs yang dijabarkan dari sisi limbah pertanian dan potensi energi yang dihasilkan.

Secara sederhana kontribusi residu pertanian Indonesia dalam penyediaan energi di dalam SDGs ditunjukkan dalam Gambar 6.

Selanjutnya dari kedua konsep tersebut akan dijadikan sebagai landasan untuk menginterpretasikan konsep optimalisasi residu pertanian dalam mendukung ketahanan nasional, yang ditunjukkan pada Gambar 7.

Gambar 7 tersebut menjelaskan bagaimana konsep keterkaitan antara SDA pertanian Indonesia mampu mendukung ketahanan pangan dan energi. Potensi SD

Gambar 5
Konsep *Bioeconomy Circular*



Sumber: Mak, dkk., 2020.

pertanian Indonesia yang melimpah dan berkelanjutan adalah sarana untuk menjaga geostrategis, dimana negara yang memiliki ketahanan pangan yang kuat dan mampu memenuhi kebutuhan dan cadangan pangan nasional secara swasembada akan memiliki ketahanan nasional yang kuat. Kegiatan ekstensifikasi melalui optimalisasi pemanfaatan lahan marjinal untuk produksi bio-energi dapat meminimalisir persaingan antara kebutuhan pangan dan energi selain pemanfaatan limbah pertanian. Sementara kegiatan intensifikasi dan diversifikasi sebagai usaha percepatan dan penambahan produksi pertanian untuk mewujudkan ketahanan pangan dan mendukung peningkatan kapasitas energi baru dan terbarukan. Dengan potensi SDA pertanian yang melimpah dan dukungan dari berbagai aspek bangsa kita sangat mampu untuk menjadi mercusuar bagi energi dan pangan dunia untuk mewujudkan cita-cita

bangsa menuju Negara Kesatuan Republik Indonesia (NKRI) yang maju, mandiri, berdaulat adil dan makmur.

Strategi Pemanfaatan Sumber Daya Alam Pertanian Guna Mendukung Ketahanan Pangan Dan Energi Indonesia

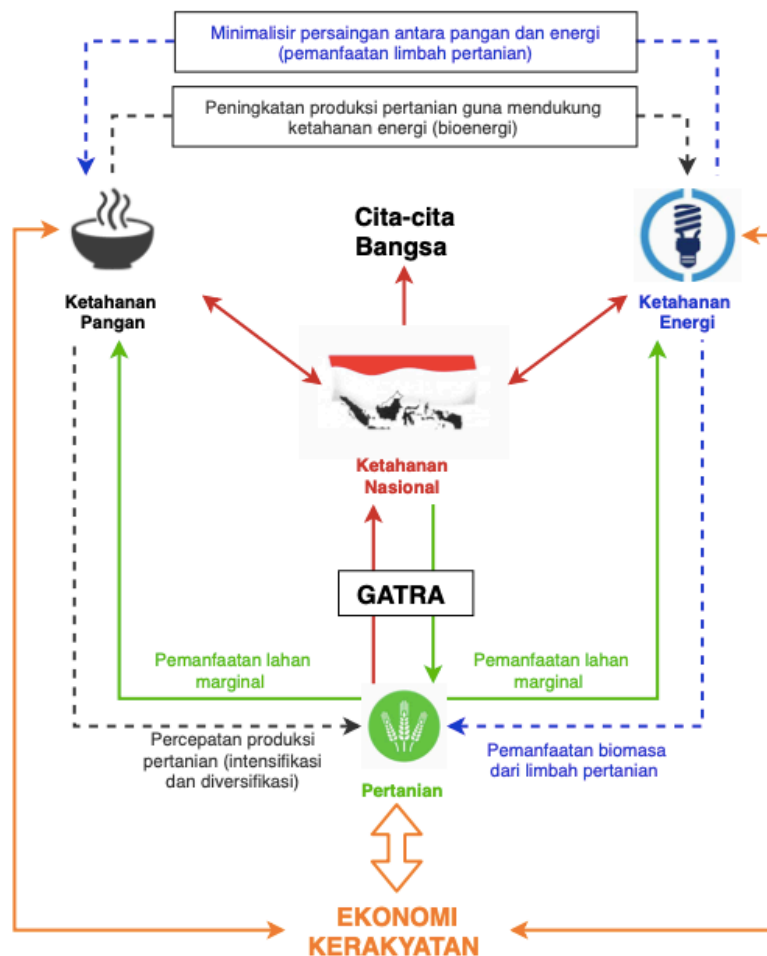
Pangan dan energi adalah bahan pokok Indonesia, yang dapat disinkronisasi bersama untuk menjaga ketahanan nasional. Beberapa program peningkatan pangan nasional secara berkelanjutan (meliputi intensifikasi, ekstensifikasi dan diversifikasi) yang secara tidak langsung menghasilkan produk bio-energi harus terus diimplementasikan dengan memperhatikan konsep sosial ekonomi kerakyatan, sehingga untuk menjaga stabilitas kebutuhan pangan dan energi dalam rangka menjaga ketahanan nasional diperlukan beberapa strategi sebagai berikut.

Gambar 6
Kontribusi Residue Pertanian Dalam Penyediaan Energi di SDGs



Sumber: Hasil olahan peneliti, 2021.

Gambar 7
Konsep Optimalisasi Pemanfaatan SD Pertanian Untuk Mendukung Ketahanan Nasional



Sumber: Hasil olahan peneliti, 2020.

Pertama, regulasi dan kebijakan. Pengembangan regulasi dan kebijakan yang kondusif dengan menitikberatkan terciptanya kemandirian pangan dan energi yang bertujuan melindungi petani kecil serta pelaku bisnis pangan dari hulu sampai hilir. Kebijakan dan regulasi yang dibuat dan diimplementasikan harus memperhatikan ketersediaan, aksesibilitas, keterjangkauan, keberlanjutan, dan turut memastikan daya saing Indonesia.

Kedua, teknologi. Strategi terkait dengan teknologi meliputi (1). Revitalisasi dan rekonstruksi teknologi industri pangan hulu untuk meningkatkan kualitas dan kuantitas

budidaya pertanian. (2). Revitalisasi dan rekonstruksi teknologi industri pasca panen dan pengolahan pangan. (3). Pengembangan dan peningkatan kualitas serta kuantitas teknologi pengolahan bio-energi yang berasal dari limbah pertanian yang diimbangi dengan penelitian dan pengembangan yang sesuai dengan kearifan lokal dan keberlanjutan lingkungan.

Ketiga, membenahi sistem tata kelola kekayaan alam pertanian, yaitu (1). Revitalisasi dan rekonstruksi kelembagaan pangan yang ada dan disinergikan dengan ketahanan energi, seperti mengoptimalkan fungsi Koperasi Unit Desa (KUD). Diperlukan perubahan

persepsi KUD sebagai wadah peningkatan perekonomian masyarakat desa (khususnya petani) melalui sistem manajemen yang baik. Selain itu, menata sistem kelembagaan KUD sebagai lumbung bahan baku limbah biomasa. (2). Meningkatkan dan mengkaji ulang sistem kerjasama antar lembaga, kementerian dan stakeholder. (3). Meningkatkan dan mengkaji ulang sistem pendanaan dalam rangka pengembangan dan peningkatan kualitas prngelolaan dan produk. (4). Menyediakan keberlanjutan akses pasar melalui kerjasama yang terintegrasi antar stakeholder. (5). Meningkatkan kapasitas SDM sesuai dengan perkembangan zaman sesuai dengan nilai-nilai kebangsaan.

Keempat, meningkatkan kesadaran dan peran serta masyarakat dalam setiap program ketahanan pangan dan energi.

SIMPULAN

Berdasar penjelasan tersebut di atas dapat ditarik simpulan sebagai berikut.

Pertama, potensi sumber daya pertanian Indonesia memiliki potensi besar untuk mendukung tercapainya cita-cita bangsa apabila dimanfaatkan secara maksimal. Tidak hanya sebagai penghasil pangan semata tetapi residu yang dihasilkan mampu menghasilkan bio-energi. Pemanfaatan residu tanaman pokok yang berupa jerami, sekam, dan tongkol jagung sebagai energi ramah lingkungan berkontribusi menurunkan permasalahan lingkungan dan diversifikasi maupun substitusi bahan bakar fosil.

Kedua, perubahan situasi yang menimbulkan acaman, gangguan, hambatan dan tantangan baru yang mengancam ketahanan nasional dapat diminimalisir melalui optimalisasi sumber kekayaan yang dimiliki dengan dukungan kesadaran dan kontribusi masyarakatnya.

Melalui kegiatan tersebut pemerataan ekonomi masyarakat agraris berbasis kerakyatan sebagai perwujudan keadilan sosial, ekonomi dan lingkungan, hingga menjadi salah satu masukan atau pilihan bagi negara dalam menghadapi berbagai situasi.

Ketiga, berdasarkan hasil perhitungan teoritis diperkirakan jumlah residu pertanian yang dihasilkan mencapai lebih dari 120 juta ton dan diperkirakan mampu menghasilkan energi lebih dari 420 PJ, setara dengan 14.62 GW energi listrik. Sedangkan program *food estate* yang telah dicanangkan oleh Pemerintah pada masa pandemi Covid-19 di Pulau Kalimantan dan Papua secara teoritis mampu menghasilkan 114 PJ energi yang setara dengan 4 GW energi listrik. Apabila potensi tersebut dioptimalkan penggunaannya dengan dukungan teknologi yang tepat dan mempertimbangkan konsep *bioeconomy circular* serta tujuan pembangunan berkelanjutan diperkirakan mampu memasok lebih dari 20% bahan baku bio-energi, karena memiliki sifat berkelanjutan secara lingkungan, ekonomi, dan sosial.

Keempat, pemanfaatan sumber daya alam Indonesia sebagai pendukung ketahanan energi nasional tidak hanya bersumber dari sektor residu pertanian pangan saja, tetapi dari berbagai sektor lain seperti: (1). Residu tanaman perkebunan terintegrasi seperti limbah kelapa sawit dan limbah tebu/gula, (2). Residu kehutanan dan industri pengolahan hasil hutan, (3). Limbah akuatik, (4). Sampah perkotaan, dan (5). Limbah peternakan dan pengolahannya. Apabila ke semua potensi kekayaan alam Indonesia dapat dimanfaatkan secara optimal niscaya keadilan sosial dan ekonomi, keberlanjutan lingkungan dan kemandirian bangsa akan tercapai. Selain itu, peningkatan dukungan negara dalam bentuk

dukungan regulasi dan kebijakan yang dapat diimplementasikan dalam semua sektor kehidupan serta pengembangan teknologi melalui stimulus riset dan pengembangan potensi sumber daya alam yang ada.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 2020a, 'Peta Tutupan Lahan Indonesia 2019'. Jakarta: Auriga. Available at: <<https://auriga.or.id/resource/reference/mapbiomas-indonesia-tutupan-lahan-indonesia-2019.pdf>> (Accessed: 20 December 2021)>.
- Anonim, 2020b, *Strategi Ketahanan Pangan di Era New Normal Pandemi Covid 19*. Available at: <<http://sb.ipb.ac.id/en/strategi-ketahanan-pangan-di-era-new-normal-pandemi-covid-19-2/>> (Accessed: 10 November 2020)>.
- Anshar, M., F.N. Ani, dan A.S. Kader, 2014, 'Potential Surplus of Rice Straw as a Source of Energy for Rural Communities in Indonesia', *Applied Mechanics and Materials*, Vol. 695, hh. 806–810. doi:10.4028/www.scientific.net/AMM.695.806.
- Ashari, 2020, *Gerakan Ketahanan Pangan pada Masa Pandemi Covid-19*. Available at: <<http://pse.litbang.pertanian.go.id/ind/index.php/covid-19/regulasi-kebijakan/367-gerakan-ketahanan-pangan-pada-masa-pandemi-covid-19>> (Accessed: 10 November 2020)>.
- Avcıoğlu, A.O., M.A. Dayıoğlu, dan U. Türker, 2019, 'Assessment of the energy potential of agricultural biomass residues in Turkey', *Renewable Energy*, Vol. 138, hh. 610–619. doi:10.1016/j.renene.2019.01.053.
- Badan Litbang Pertanian, 2011, *Buku Pintar Food Estate*. Jakarta: Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Available at: <<https://www.litbang.pertanian.go.id/info-aktual/819/file/Bagian-1.pdf>> (Accessed: 14 February 2022)>.
- Basundoro, A.F. dan F.H. Sulaeman, 2020, 'Meninjau Pengembangan Food Estate sebagai Strategi Ketahanan Nasional Pada Era Pandemi Covid-19', *Jurnal Kajian Lemhannas RI*, Vol. 8, No. 2, hh. 28–42.
- BPS Indonesia, 2020, *Luas Panen, Produksi, dan Produktivitas Padi Menurut Provinsi 2018-2020*, <<https://www.bps.go.id>. Available at: <https://www.bps.go.id/indicator/53/1498/1/luas-panen-produksi-dan-produktivitas-padi-menurut-provinsi.html>> (Accessed: 10 November 2020)>.
- Buasan, B., 2016, 'Peran Pembangkit Listrik Tenaga Biogas dalam Mewujudkan Ketahanan Nasional (Studi di Kecamatan Dendang, Kabupaten Belitung Timur)', *Jurnal Ketahanan Nasional*, Vol. 22, No. 3, h. 241. doi:10.22146/jkn.16351.
- Dirjen EBTKE, 2020, *Laporan Kinerja Dirjen Energi Baru Terbarukan dan Konversi Energi*. Jakarta: Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral. Available at: <<https://www.esdm.go.id/assets/media/content/content-laporan-kinerja-ditjen-ebtke-2020.pdf>><https://www.esdm.go.id/assets/media/content/content-laporan-kinerja-ditjen-ebtke-2020.pdf>>.
- European Central Bank, 2012, *The Development of Prices and Costs During The 2008-09 Recession*. Monthly Bulletin April 2012. Frankfurt: EURO System, pp. 71–85. Available at: <https://www.ecb.europa.eu/pub/pdf/other/art2_mb201204en_pp71-85en.pdf>.
- Gatti, R. dkk., (2020, *The Human Capital Index 2020 Update: Human Capital in*

- The Time of Covid-19*. Washington: The World Bank.
- Gunawan, E., 2020, *Empat Cara Bertindak Kementan dalam Program Penyediaan Pangan di Era New Normal*. Available at: <<http://pse.litbang.pertanian.go.id/ind/index.php/covid-19/regulasi-kebijakan/406-empat-cara-bertindak-kementan-dalam-program-penyediaan-pangan-di-era-new-normal> (Accessed: 10 November 2020)>.
- Hiloidhari, M., D. Das, dan D.C. Baruah, 2014, 'Bioenergy potential from crop residue biomass in India', *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 32, hh. 504–512. doi:10.1016/j.rser.2014.01.025.
- International Energy Agency, 2020, *Global Energy Review 2020*. France: IEA Publications. Available at: <<https://webstore.iea.org/download/direct/2995>>.
- Iye, E.L. dan P.E. Bilsborrow, 2013 'Assessment of the availability of agricultural residues on a zonal basis for medium- to large-scale bioenergy production in Nigeria', *Biomass and Bioenergy*, Vol. 48, hh. 66–74. doi:10.1016/j.biombioe.2012.11.015.
- Kemausuor, F. dkk., 2014, 'Assessment of biomass residue availability and bioenergy yields in Ghana', *Resources, Conservation and Recycling*, Vol. 86, hh. 28–37. doi: <<https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2014.01.007>>.
- Kementerian Pertanian, 2019, *Data Lima Tahun Terakhir, Kementerian Pertanian Republik Indonesia*. Available at: <<https://www.pertanian.go.id/home/?show=page&act=view&id=61> (Accessed: 30 November 2021)>.
- Khairina, E., E.P. Purnomo, dan A.D. Malawnai, 2020, 'Sustainable Development Goals: Kebijakan Berwawasan Lingkungan Guna Menjaga Ketahanan Lingkungan Di Kabupaten Bantul Daerah Istimewa Yogyakarta', *Jurnal Ketahanan Nasional*, Vol. 26, No. 2, h. 155. doi:10.22146/jkn.52969.
- Mak, T.M.W. dkk., 2020, 'Sustainable food waste management towards circular bioeconomy: Policy review, limitations and opportunities', *Bioresource Technology*, Vol. 297, h. 122497. doi:10.1016/j.biortech.2019.122497.
- Marry, R.T., 2017, 'Panas Bumi Harta Karun Yang Terpendam Menuju Ketahanan Energi', *Jurnal Ketahanan Nasional*, Vol. 23, No. 2, h. 93. doi:10.22146/jkn.26944.
- Mulyana, R., 2016, '*Pedoman Investasi Bioenergi di Indonesia*'. Direktorat Jenderal Energi Baru, Terbarukan dan Konversi Energi, Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral RI. Available at: <<https://drive.esdm.go.id/wl/?id=6JLd3yXfSsPqRp2xExLrQe3TUzdlahpS> (Accessed: 10 June 2020)>.
- Okello, C., dkk., 2013, 'Bioenergy potential of agricultural and forest residues in Uganda', *Biomass and Bioenergy*, Vol. 56, hh. 515-525, doi: 10.1016/j.biombioe,2013.06.003.
- Paolo, B., K., P. dan S. Agam, 2017, '*Food Estate: Pangan Melimpah, Harga Lebih Murah*'. Available at: <<https://indonesiabaik.id/infografis/food-estate-pangan-melimpah-harga-lebih-murah-2> (Accessed: 2 January 2022)>.
- Peraturan Pemerintah No. 79 Tahun 2014 Tentang Kebijakan Energi Nasional (KEN)

- Peraturan Presiden No. 22 Tahun 2017 Tentang Rencana Umum Energi Nasional (RUEN)
- Permadi, D.A., dan N.T. Kim Oanh, 2013, 'Assessment of biomass open burning emissions in Indonesia and potential climate forcing impact', *Atmospheric Environment*, Vol. 78, hh. 250–258. doi:10.1016/j.atmosenv.2012.10.016.
- Preneuf, F. de., 2020, *Food Security and COVID-19*, <<https://www.worldbank.org>>. Available at: <<https://www.worldbank.org/en/topic/agriculture/brief/food-security-and-covid-19>>.
- Shahbandeh, M., 2022, *Total rice consumption worldwide from 2008/2009 to 2021/2022*, *Statista*.
- Sharma, P. dkk., 2021, 'Sustainable processing of food waste for production of bio-based products for circular bioeconomy', *Bioresource Technology*, Vol. 325, h. 124684. doi:10.1016/j.biortech.2021.124684.
- Undang-undang No. 18 Tahun 2012 Tentang Pangan
- Van Hung, N., dkk., 2020, 'Rice Straw Overview: Availability, Properties, and Management Practices', in Gummert, M., dkk (eds), *Sustainable Rice Straw Management*, Cham : Springer International Publishing, hh. 1-13, doi:10.1007/978-3-030-32373-8_1.
- Wahyuningsih, S., 2017, 'Konsumsi dan Neraca Penyediaan - Penggunaan Kedelai', *Buletin Konsumsi Pangan*, h. 37.
- Wang, W., dkk., 2021, Bioenergy development in Thailand based on the potential estimation from crop residues and livestock manures', *Biomass and Bioenergy*, Vol. 144, h. 105914. doi:10.1016/j.biombioe.2020.105914