

BAB II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Landasan Teori

1. Konsep Pertanian Berkelanjutan

Istilah umum “pertanian” berarti kegiatan menanam tanah dengan tanaman untuk menghasilkan sesuatu yang dapat dipanen. Kegiatan pertanian merupakan campur tangan manusia terhadap daur hidup tanaman asli. Dalam pertanian modern, campur tangan ini semakin jauh dalam bentuk masukan (*input*) bahan kimia pertanian, antara lain: pupuk kimia, pestisida dan bahan pembenah tanah lain (Sutanto, 2002a). Dalam beberapa tahun terakhir, sistem pertanian modern telah mendapatkan beberapa kritik karena tidak lagi berkelanjutan secara ekologis dan ekonomi, dalam hal ini berdampak pada kesehatan dan kesejahteraan bagi manusia maupun hewan (Silverstone, 1993).

Perwujudan pertanian berkelanjutan adalah tantangan bagi umat manusia dalam memenuhi kebutuhan akan energi, pangan dan air dengan mempertimbangkan ketersediaan bagi generasi yang akan datang. Hal ini mungkin tidak mendukung konsep keberlanjutan dengan memperhatikan penggunaan masukan agrokimia yang tinggi untuk memenuhi kebutuhan pupuk dan herbisida yang dapat mengakibatkan erosi tanah serta pencemaran air permukaan (Chen *et al.*, 2015).

Purwanto *et al.* (2011) mengemukakan bahwa pertumbuhan tanaman dipengaruhi oleh faktor-faktor lingkungan, salah satunya adalah kesuburan tanah sehingga hal utama untuk memperkuat sektor pertanian adalah menyediakan lahan pertanian yang bebas dari pencemaran tanah, sehat dan subur yang bertujuan mewujudkan pertanian yang berkelanjutan. Keberlanjutan berhubungan dengan penerapan pertanian organik yang berkembang secara cepat di beberapa negara. Peran regulasi dan penggunaan bahan-bahan agrokimia sintetis, tingkat kepercayaan terhadap sistem pertanian organik, jaminan ketersediaan dalam jumlah yang mencukupi, dan kemudahan pemasaran produk pertanian merupakan faktor utama yang perlu diperhatikan dalam konteks dari keberlanjutan (Rigby *et al.*, 2001).

Penggunaan sarana produksi pertanian yang berasal dari sumber daya alam yang tidak terbarukan (*non-renewable resources*), seperti pupuk dari bahan-bahan kimia (anorganik) yang berlangsung terus-menerus menggunakan dosis tinggi berdampak pada semakin rendahnya kualitas dan kesuburan tanah pertanian. Walaupun seiring dengan peningkatan populasi penduduk dunia dibutuhkan pola pertanian berkelanjutan yang dapat menjamin kecukupan pangan sehat secara kontinu (Soedjais, 2010). Kelangkaan sumber daya alam (air, energi bersumber bahan bakar fosil, mineral, CO₂, bahan pangan, dan lahan produktif) sudah terjadi dan semakin meningkat (Purnomo *et al.*, 2011). Ketersediaan sumber daya alam di masa depan semakin mencemaskan (Hairiah, 2003). Eksistensi sumber daya alam seperti air, tanah, dan vegetasi harus dipertahankan di setiap pemanfaatan lahan (Budiastuti, 2009), diperlukan pengelolaan secara bijak dalam mengeksplorasi sumber daya hayati untuk mendukung pertanian berkelanjutan tanpa mengabaikan upaya pelestariannya, melatih masyarakat agar memenuhi kebutuhannya tanpa mengurangi prospeknya bagi generasi yang akan datang (Regmi dan Karl, 2000).

Menurut Saptana *et al.* (2007), pembangunan di Indonesia pada sektor pertanian di masa lampau lebih mengutamakan pertumbuhan ekonomi yang berdampak negatif terhadap kelestarian sumber daya alam dan lingkungan. Untuk menjaga keberlanjutan pembangunan di masa mendatang diperlukan reorientasi paradigma pembangunan dari segi arah, strategi maupun kebijakan. Paradigma pembangunan pertanian berkelanjutan dapat menjadi solusi alternatif dalam upaya meningkatkan kesejahteraan rakyat tanpa mengabaikan kelestarian sumber daya alam dan lingkungan. Hal ini sesuai dengan konsep sistem pertanian berkelanjutan yang mengoptimalkan interaksi antara sumber daya manusia, sumber daya alam dan lingkungan hidup, serta teknologi dan kelembagaan untuk membentuk suatu sistem yang memenuhi prinsip kesinambungan, keterbaharuan, dan keanekaragaman ekologi untuk kesejahteraan umat manusia (Hubeis *et al.*, 2013).

Salah satu aksi nyata dilakukan oleh beberapa negara di dunia, termasuk Indonesia guna mewujudkan masyarakat tanpa kelaparan, kemiskinan, mengurangi kesenjangan dan melindungi lingkungan melalui program *Sustainable*

Development Goals (SDGs). SDGs berisi 17 tujuan dan 169 target yang diharapkan dapat dicapai pada tahun 2030. Penggunaan sumber daya lokal dalam pengelolaan pertanian merupakan perwujudan pemanfaatan energi bersih dan terjangkau. Dukungan dari sektor pertanian memainkan peran penting dalam hal percepatan pencapaian tujuan. Keberadaan mikroorganisme dalam pengelolaan pertanian dapat dimanfaatkan untuk menghasilkan produk yang ramah lingkungan serta mampu meningkatkan hasil panen (Akinsemolu, 2018), seperti tujuan yang hendak dicapai dari SDGs. Pertanian yang hanya bertujuan untuk memperoleh keuntungan tanpa memperdulikan lingkungan bertentangan dengan tujuan SDGs (Dawson *et al.*, 2019) sehingga sektor pertanian adalah bagian utama mendukung tujuan SDGs (Bogoviz, 2018). Pertanian organik menjadi solusi sebagai penyedia produk berkualitas yang lebih peduli pada kesehatan konsumen dan dapat mensubstitusi sistem pertanian konvensional yang masih menjadi kontradiktif karena berpengaruh pada pencemaran lingkungan dan kesehatan manusia (Kasem dan Thapa, 2012). Ketersediaan tanah yang subur dan lahan yang sehat adalah hal yang penting untuk memenuhi beberapa komponen tujuan dari kerangka kerja SDGs (Keesstra *et al.*, 2018).

2. Pertanian Berwawasan Lingkungan

Pertanian ramah lingkungan merupakan isu utama di abad ke-21 berperan mewujudkan keberlanjutan dan pengembangan sosial. Investigasi dilakukan pada beberapa isu dan peluang yang dihadapi di sektor pertanian global yang terjadi pada saat ini, termasuk kehutanan dan perikanan. Penekanan dilakukan pada analisis praktek pertanian ramah lingkungan, baik pada sistem penanaman hingga pengelolaan terbaru tentang sistem pemasaran dari lahan ke pasar. Beberapa hal yang disoroti antara lain: (1) pengenalan teknologi mekanisasi lahan pertanian secara signifikan meningkatkan produktivitas; (2) peningkatan fasilitas dan infrastruktur untuk menurunkan hilangnya hasil pada saat pasca panen; dan (3) sertifikasi dan pemahaman terhadap produksi yang ramah lingkungan yang berkelanjutan (Bianco, 2016).

Untuk mencapai sistem usahatani ramah lingkungan memerlukan teknologi dengan ciri-ciri antara lain: (1) sesuai dengan kondisi lingkungan sehingga tidak bersifat eksploitatif, destruktif dan polutif; (2) tercapai optimalisasi produksi dengan mempertimbangkan daya dukung lahan dan keseimbangan ekosistem; dan (3) sistem produksi memperhatikan kriteria kelestarian lingkungan dan keberlanjutan sistem produksi (Wihardjaka dan Nursyamsi, 2012). Terminologi pertanian ramah lingkungan merupakan sistem pertanian berkelanjutan melalui pengelolaan jangka panjang, dapat bersaing, produktif, menguntungkan secara ekonomis, mengkonservasi sumber daya alam, melindungi lingkungan, meningkatkan kesehatan masyarakat, meningkatkan kualitas pangan serta keselamatan manusia (Indawan, 2002).

Upaya-upaya strategis dalam menciptakan pertanian sehat ramah lingkungan salah satunya melalui pemanfaatan teknologi asli pedesaan (*indigenous knowledge*) dalam pengelolaan pertanian (Wihardjaka dan Nursyamsi, 2012). Pengelolaan pertanian yang memperhatikan lingkungan dengan menjaga kelestarian bahan baku atau sumber daya alam merupakan konsep pertanian ramah lingkungan mendukung pembangunan berkelanjutan bagi peningkatan kesejahteraan manusia (Indawan, 2002).

Tanah merupakan salah satu dari tiga unsur penting dalam upaya melindungi kelestarian lingkungan hidup dan keanekaragaman hayati. Peningkatan produktivitas hasil pertanian dan perkebunan dilakukan melalui intensifikasi dengan menggunakan pupuk anorganik (Tampubolon *et al.*, 2013). Tanah, air dan udara merupakan sumber daya alam utama yang berpengaruh terhadap kehidupan, perbandingan ketiganya dipengaruhi oleh bagaimana pengelolaan tanah tersebut. Tanah sebagai ekosistem bagi semua makhluk hidup di dalam atau di atas tanah yang berhubungan satu sama lain, termasuk faktor lingkungan (Nurmala *et al.*, 2012).

Pertanian modern menghasilkan peningkatan produksi tetapi tidak menguntungkan petani, karena menimbulkan erosi, badan air dan air tanah tercemar. Oleh karena itu, para ahli berpikir tentang sistem pertanian terintegrasi, yaitu pertanian berkelanjutan yang tidak bergantung pada bahan-bahan kimia

sintetis. Pertanian modern saat ini lebih dominan menggunakan bahan sintetis baik untuk pupuk, pestisida maupun herbisida. Pertanian berkelanjutan akan menghasilkan keuntungan dalam jangka waktu lama dengan tetap memelihara kesehatan dan kualitas lingkungan (Nurmala *et al.*, 2012).

Pertanian berkelanjutan memiliki konsep dasar yaitu mempertahankan ekosistem alami lahan pertanian sehat dan bebas dari bahan-bahan kimia yang meracuni lingkungan, mengendalikan erosi tanah dan gulma, serta memelihara kesuburan tanah (Dermiyati, 2015). Alam telah menyediakan sumber daya yang memadai sehingga memerlukan konservasi keanekaragaman hayati. Pengembangan sumber daya hayati memiliki prospek yang baik dengan pengenalan potensi keanekaragaman sumber daya manusia dan sumber daya teknis. Upaya sistematis harus dilakukan untuk memobilisasi sinergitas dan diarahkan untuk mewujudkan pertanian berkelanjutan yang berwawasan lingkungan, budaya, sosial dan ekonomi (Regmi dan Karl, 2000).

3. Emisi Gas Metana (CH₄) pada Lahan Sawah

Pemanasan global adalah gejala peningkatan suhu rata-rata permukaan bumi yang disebabkan meningkatnya jumlah emisi gas rumah kaca di atmosfer. Pemanasan global akan diikuti perubahan iklim, seperti meningkatnya curah hujan di beberapa belahan dunia yang menimbulkan banjir dan erosi, tidak jelasnya perubahan cuaca yang menyebabkan waktu tanam menjadi tidak menentu, pencairan es di kutub, dan sebagainya. Gas rumah kaca (GRK) terdiri dari: karbon dioksida (CO₂), metana (CH₄), dinitro oksida (N₂O), klorofluorokarbon (CFC), perfluorokarbon (PFC), dan sulfur heksa fluorida (SF₆) (Zulkifli, 2014). Degradasi tanah dan air berhubungan pada kualitas lingkungan secara keseluruhan disebabkan salah satunya oleh efek rumah kaca (Saha *et al.*, 2012).

Sejak tahun 1980, CH₄ menjadi kontributor nomer tiga penyebab pemanasan global (*global warming*). Kurang lebih 43% emisi CH₄ di atmosfer berasal dari lahan basah alami serta lahan padi. CH₄ diproduksi melalui proses biologi pada kondisi yang basah tanpa keterlibatan oksigen (kondisi anaerob), dikenal sebagai gas rawa. Konsentrasi gas CH₄ di udara yang terjebak dalam es

lebih dari 300 tahun yang lalu adalah sekitar 0,8 ppmv. Konsentrasi di atmosfer pada tahun 1990 adalah 1,72 ppmv dan meningkat 0,9% per tahun. Gas CH₄ mampu menyerap radiasi infra merah dan berpengaruh negatif secara kimiawi di atmosfer apabila bereaksi dengan OH⁻ radikal (Wild, 1993). Intensitas penyerapan radiasi gelombang panjang dan waktu tinggal (*life time*) masing-masing GRK di atmosfer berbeda-beda, namun CH₄ mempunyai kapasitas pemanasan global (*global warming potential*) 21 kali lebih besar dari CO₂ (Wahyuni *et al.*, 2007). Perubahan iklim secara global mengurangi tingkat keberhasilan pencapaian tujuan pembangunan berkelanjutan (*Sustainable Development Goals/ SDGs*) di Indonesia (Cahyono *et al.*, 2021). Resiko terparah adalah berdampak pada bertambahnya kemiskinan, terutama pada masyarakat yang bergantung pada pertanian (Khanal *et al.*, 2021).

Padi sawah adalah salah satu penghasil emisi gas CH₄ di atmosfer. Total emisi CH₄ secara global diperkirakan adalah 500 Tg/tahun dan 10-20% berasal dari lahan padi tergenang. Hal tersebut mengakibatkan tekanan terhadap lahan padi, terutama di Asia yang lebih dari 90% padi dibudidayakan dan dikonsumsi oleh masyarakat berdampak pada perubahan iklim, walaupun tujuannya adalah pemenuhan kebutuhan pangan bagi manusia (IRRI, 1998). Padi berpengaruh pada proses produksi gas CH₄ karena menghasilkan eksudat akar dan emisi gas CH₄ melalui cerobong antara daerah rizosfer dengan atmosfer (Wahyuni *et al.*, 2007). Bila sawah tergenang, fluks CH₄ dominan keluar melalui emisi (Cyio, 1997).

Pengembangan sistem pertanian alternatif yang lebih sehat dan ramah lingkungan untuk memenuhi kebutuhan pangan dalam jangka panjang sangat diperlukan untuk mengurangi penggunaan masukan kimia yang berdampak negatif pada lingkungan. Lebih sehat karena menghasilkan pangan sehat dan petani bebas dari paparan zat kimia yang membahayakan, lebih ramah lingkungan karena mampu memperbaiki struktur dan sifat tanah yang menurun tingkat kesuburannya serta memperbaiki ekologi/ ekosistem, menjaga keanekaragaman hayati, mencegah banjir, dan lain sebagainya. Penggunaan beraneka macam limbah yang sebelumnya sebagai sumber penyakit dan menyebabkan pencemaran lingkungan, terutama terjadinya emisi gas beracun dan

membawa efek rumah kaca atau pemanasan global menjadi sesuatu yang bermanfaat dalam pengelolaan pertanian (Soedjais, 2010).

4. Tanah Media Budidaya Pertanian

Tanah merupakan hasil transformasi mineral dan bahan organik yang terletak di permukaan sampai kedalaman tertentu dipengaruhi oleh faktor-faktor genetis dan lingkungan, yakni: bahan induk, iklim, organisme hidup (mikro dan makro), topografi dan waktu yang berjalan selama kurun waktu sangat panjang dibedakan dari ciri-ciri bahan induk asalnya secara fisik, kimia, biologi maupun morfologi (Winarso, 2005). Tanah sebagai medium pertumbuhan tanaman tingkat tinggi dan tempat hidup mikroflora dan mikrofauna. Kehidupan mikroorganisme dalam tanah sangat mempengaruhi kehidupan manusia baik langsung maupun tidak langsung. Tanah menurut pandangan seorang ahli biologi atau seorang ahli kesuburan tanah adalah sebagai sebuah pabrik. Di dalam pabrik terdapat bahan baku/ bahan mentah yang akan diproses menjadi suatu produk jadi untuk dikonsumsi. Pemrosesan bahan mentah dilakukan dengan menggunakan mesin. Mesin harus diaktifkan atau dihidupkan untuk terjadinya proses produksi. Proses produksi akan berjalan lancar jika mesin bekerja normal dan produksi yang dihasilkan akan sesuai standar. Sebagai mesin itulah peran mikroorganisme dalam tanah (Subandi, 2014).

Tanah memainkan peran vital menjaga kualitas dan komposisi dari biosfer yang tumbuh di dalam atau diatas tanah. Berbagai macam fungsi dari tanah bagi tanaman adalah (1) memungkinkan ketersediaan hara mikro maupun makro yang berguna bagi pertumbuhan tanaman; (2) menahan air dan porositas yang berguna sebagai penyedia air ke tanaman melalui akar, bahkan jika permukaan tanah kering; (3) tanah terdiri dari bakteri organotropik, bakteri nitrifikasi, bakteri pengikat nitrogen, jamur, protozoa, dan mikroba lainnya membantu proses dekomposisi dan mineralisasi bahan organik maupun proses regenerasi nutrisi; dan (4) menyediakan dukungan secara mekanis terhadap tanaman (Dara, 1993).

Produktivitas tanah adalah kemampuan tanah untuk menghasilkan tanaman melalui sistem pengelolaan, misalnya produktivitas tanah untuk kapas

biasanya dinyatakan sebagai kiloan kapas per hektar jika menggunakan sistem pengelolaan meliputi: tanggal penamaan, pemupukan, jadwal irigasi, pembajakan, dan pengendalian hama (Foth, 1994). Dengan pengelolaan pertanian yang baik akan mempengaruhi kondisi tanah yang digunakan untuk bercocok tanam. Produktivitas dan kesuburan tanah menunjukkan kemampuan tanah untuk memproduksi tanaman yang tumbuh di atas tanah tersebut. Produktivitas adalah kemampuan tanah untuk menghasilkan produksi tanaman dengan pengolahan tanah tertentu (Nurmala *et al.*, 2012).

Tanah yang produktivitasnya tinggi merupakan tanah yang subur atau mengandung unsur hara yang cukup sesuai dengan kebutuhan tanaman untuk pertumbuhan dan perkembangan sehingga dapat berproduksi tinggi/optimal (Kartasapoetra, 1989). Peningkatan produktivitas lahan didukung peningkatan produksi dan kesuburan tanaman. Pemberian pupuk merupakan usaha untuk meningkatkan kesuburan tanaman yang paling efektif. Pupuk diperlukan untuk memenuhi kebutuhan unsur hara tanaman yang pada kondisi tertentu tidak disediakan oleh tanah dalam jumlah yang memadai. Pupuk merupakan substansi pendukung untuk memenuhi kebutuhan pertumbuhan tanaman. Sehingga membantu meningkatkan produktivitas lahan pertanian (Rosadi, 2015).

Upaya pengelolaan produktivitas tanah dengan mengurangi pupuk kimia dari pertanian konvensional menyebabkan berkurangnya hasil panen dan menyebabkan pendapatan bersih petani turun. Pengelolaan pertanian yang tepat untuk memelihara kesuburan tanah serta untuk mempertahankan produktivitas tanah sangat diperlukan untuk mengurangi ketergantungan pada pupuk kimia (Sutanto, 2002a). Kualitas tanah berbeda dengan kualitas air dan udara, konsep kualitas air dan udara sudah banyak diterima baik oleh masyarakat, misalnya air yang layak untuk diminum atau dikonsumsi oleh manusia dikatakan sebagai air berkualitas sudah ada standarnya. Kualitas tanah didefinisikan sebagai kemampuan tanah untuk menampilkan fungsi-fungsi dalam penggunaan lahan menopang produktivitas biologi, mempertahankan kualitas lingkungan serta meningkatkan kesehatan tanaman, binatang, dan manusia (Nurmala *et al.*, 2012).

5. Kandungan Hara bagi Pertumbuhan Tanaman

Tanaman memerlukan makanan yang sering disebut hara tanaman (*plant nutrient*) seperti hanya manusia. Berbeda dengan manusia yang menggunakan bahan organik, tanaman memanfaatkan bahan anorganik untuk mendapatkan energi dan pertumbuhannya. Melalui fotosintesis, tanaman mengumpulkan karbon yang ada di atmosfer yang kadarnya sangat rendah. Kemudian ditambah air dan diubah menjadi bahan organik oleh klorofil dengan bantuan sinar matahari. Unsur yang diserap untuk pertumbuhan dan metabolisme tanaman dinamakan hara tanaman. Mekanisme perubahan unsur hara menjadi senyawa organik atau energi disebut metabolisme. Fungsi hara tanaman tidak dapat digantikan oleh unsur lain dan apabila tidak terdapat suatu hara tanaman, maka kegiatan metabolisme akan terganggu atau berhenti sama sekali (Rosmarkam *et al.*, 2002). Unsur-unsur hara ini umumnya hanya terdapat pada lapisan *top soil* atau dikenal dengan lapisan olah tanah yang berpadu dengan partikel tanah dan humus. Berlangsungnya pengikisan dan penghanyutan tanah akan sangat menurunkan produktivitas tanah, karena unsur hara tanaman akan ikut terbawa bersama partikel-partikel tanah (Kartasapoetra, 1989).

Unsur hara yang penting dikenal dengan tiga unsur utama (*three major element*), yaitu unsur hara Nitrogen (N), Fosfor (P), dan Kalium (K). Unsur N di dalam tanah terdapat dalam bahan organik tanah yang sebelumnya dirubah dulu dalam bentuk ion amonium (NH_4^+) atau ion nitrat (NO_3^-) dibantu oleh kerja bakteri (jasad renik) di dalam tanah. Kedua ion tersebut dapat berasal dari pupuk organik atau pupuk anorganik, seperti: urea, ZA, Sendawa Chili, dan sebagainya. Unsur P terdapat dalam asam nukleat dan berbagai molekul yang berperan mengangkut energi yang diperlukan dalam jumlah kecil. Ketersediaan P sangat tergantung pada kemasaman (pH) tanah. Kekurangan P dapat dipenuhi melalui penambahan pupuk TSP, SP-36, SP018, dan sebagainya. Unsur K tersedia dalam jumlah lebih banyak daripada P berupa ion yang dapat terserap pada permukaan koloid tanah. Kekurangan K dapat dipenuhi dengan penambahan pupuk KCl, ZK, dan lain sebagainya (Nurmala *et al.*, 2012).

6. Penggunaan Masukan (*Input*) Kimia dalam Pengelolaan Pertanian

Usahatani yang bertujuan mencapai produktivitas lahan yang tinggi menggunakan masukan kimia dalam jumlah yang besar dapat mencemari lingkungan dan berbahaya bagi konsumen. Meskipun demikian, pilihan yang tersedia bagi petani sangat terbatas, terutama jika dikaitkan dengan pertimbangan ekonomi (Soedjais, 2010). Sejak revolusi hijau, penggunaan pupuk sintesis berperan dalam meningkatkan produksi pertanian. Namun tidak memperdulikan kondisi tanah dan air setempat karena rekomendasi penggunaannya adalah pada zona agro-ekologi yang luas. Mereka hanya fokus pada peningkatan produksi tapi merugikan lingkungan (Rossel *et al.*, 2016).

Ketergantungan pada masukan kimia buatan (pupuk, pestisida), benih hibrida, mekanisasi dengan memanfaatkan bahan bakar minyak merupakan suatu sistem pertanian modern yang berorientasi pasar dan membutuhkan modal besar. Uang tunai yang diperlukan untuk membeli masukan buatan seringkali diperoleh dengan menjual produk pertanian (Reijntes *et al.*, 1992). Petani sering mengalami kerugian karena saat panen tanaman yang sama secara bersamaan mengakibatkan hasil yang melimpah dan harga jual produk mengalami penurunan dan tidak dapat menutupi biaya yang dikeluarkan untuk membeli masukan buatan. Di lain sisi, kemungkinan adanya gagal panen akibat musim hujan ataupun kemarau mengakibatkan petani merugi cukup besar. Lingkungan merupakan saksi penggunaan bahan kimia secara berlebihan, penggunaan hara dalam bentuk pupuk yang tidak seimbang dengan tujuan untuk meningkatkan produksi dalam jangka panjang menimbulkan masalah, terutama terhadap kesehatan tanah dan lingkungan (Sutanto, 2002a).

Penggunaan pupuk telah lama dikenal oleh petani sebagai stimulan untuk meningkatkan produktivitas pertanian, khususnya tanaman pangan. Penggunaan pupuk meningkat dari waktu ke waktu seiring dengan peningkatan jumlah bahan pangan untuk memenuhi kebutuhan populasi manusia yang semakin bertambah. Kemampuan pupuk untuk meningkatkan produksi per satuan lahan mendorong petani menggunakan pupuk dengan intensitas yang lebih tinggi, karena luas lahan pertanian yang tersedia relatif terbatas, bahkan cenderung berkurang. Selain

menjadi asupan nutrisi bagi tanaman, penggunaan pupuk sekaligus dimaksudkan untuk memperbaiki struktur fisik dan kimia tanah (Soedjais, 2010). Umumnya pengelolaan lahan sawah di Indonesia bertujuan memperoleh produksi padi yang tinggi, petani menggunakan pupuk sintetis dalam memenuhi kebutuhan nutrisi padi. Penggunaan pupuk sintetis secara intensif pada lahan pertanian dalam jangka panjang dapat menyebabkan kerusakan struktur tanah, penurunan kadar organik tanah, dan pencemaran lingkungan (Pas *et al.*, 2015).

Pupuk kimia juga menyebabkan terjadinya fluktuasi derajat keasaman (pH) tanah. pemakaian pupuk sintesis dalam jumlah besar, terutama pupuk nitrogen akan mengganggu proses nitrifikasi dan dalam jangka panjang dapat menurunkan kesuburan tanah (Salihin, 2003). Salah satu faktor yang menyebabkan penurunan produktivitas lahan pertanian padi sejak tahun 1990 adalah penurunan kualitas tanah. Penggunaan pupuk anorganik dosis tinggi yang dibarengi dengan penggunaan pestisida dan herbisida kimia menyebabkan sebagian besar tanah pertanian di Indonesia mengalami kerusakan struktur dan memiliki kadar bahan organik rendah, terutama pada lahan yang sisa panennya juga diangkut keluar dari lahan yang dipanen (Soedjais, 2010).

Penggunaan pupuk kimia di bidang pertanian meningkat pesat, sebagian besar pupuk kimia berbahan nitrogenoksida yang 300 kali lebih kuat dari karbondioksida sebagai perangkap panas sehingga ikut memanaskan bumi. Akibat lainnya adalah pupuk kimia yang meresap masuk ke dalam tanah dapat mencemari sumber-sumber air minum (Zulkifli, 2014). Pemakaian ekstensif dari kimia sintetis untuk pengendalian hama merupakan tantangan terbesar terhadap ekosistem dan penerapan pertanian dengan menggunakan karbon rendah. Pada saat ini sudah ada beberapa kajian mengenai teknologi untuk mengurangi pencemaran agrokimia, tetapi sedikit masih sedikit yang dikerjakan untuk mengurangi pencemaran pestisida kimia dan pupuk kimia (Wan *et al.*, 2013). Penelitian yang dilakukan di Irak menunjukkan bahwa sebagai alternatif untuk mengurangi penggunaan pupuk kimia yang dapat mengurangi kerusakan lingkungan dan mendorong pertanian berkelanjutan adalah dengan penambahan pupuk organik yang disempurnakan dengan penyemprotan urea atau ekstrak

rumput laut sehingga dengan perlakuan tersebut memberikan pertumbuhan dan hasil panen kacang yang terbaik (Jasim *et al.*, 2016).

7. Alternatif Pengelolaan Pertanian dengan Pertanian Organik Memanfaatkan Sumber Daya Lokal

Pemakaian pupuk mineral yang berasal dari pabrik dapat mengakibatkan peningkatan polusi tanah yang berpengaruh terhadap kesehatan manusia. Sumber bahan makanan kita berasal dari hewan yang mengkonsumsi tanaman atau berupa tanaman yang mengambil hara dari tanah. Pencemaran air tanah juga disebabkan oleh pemupukan yang berlebihan. Upaya budidaya tanaman dengan pertanian organik merupakan usaha untuk memperoleh bahan makanan tanpa penggunaan pupuk anorganik. Melalui penerapan sistem pertanian organik, tanaman dapat hidup tanpa ada masukan dari luar sehingga dalam kehidupan tanaman terdapat suatu siklus hidup yang tertutup (Rosmarkam *et al.*, 2002). Pertanian organik adalah usaha budidaya tanaman tanpa menggunakan pupuk buatan dan pestisida, tetapi dapat melakukan pengendalian secara hayati dengan menggunakan agen hayati yang tidak mencemari lingkungan (Sembel, 2010).

Salah satu alternatif terbaik yang dipandang sesuai untuk pengembangan pertanian berkelanjutan adalah pertanian organik yang tidak lagi menggunakan unsur kimia sebagai bahan pupuk. Bahan-bahan yang digunakan pada umumnya berasal dari alam, seperti: kotoran ternak, humus, serta unsur-unsur lainnya. Beberapa referensi menunjukkan dampak positif dari penerapan pertanian organik meliputi: (1) menghasilkan produk bermutu yang diperlukan masyarakat; (2) mampu menyiasati biaya produksi sehingga tidak membebani petani; (3) ramah terhadap lingkungan dan memanfaatkan hukum keseimbangan alam; dan (4) membangun peradaban pertanian berkelanjutan (Soedjais, 2010).

Pupuk organik meningkatkan kandungan bahan organik, nutrisi, dan aktivitas mikroba. Selain itu, pupuk organik mempunyai dampak positif pada sifat kimia dan biologi tanah (Kowaljaw *et al.*, 2010). Pertanian organik adalah sistem bertani dengan tujuan untuk meningkatkan dan mengembangkan kesehatan agroekosistem, termasuk keragaman hayati, siklus biologi dan aktivitas biologi

tanah dengan meminimalkan asupan eksternal dan lebih mengutamakan asupan bahan-bahan organik dengan menggunakan sumber daya lokal untuk mempertahankan kesuburan tanah. Oleh karena itu petani lebih bisa mandiri, tidak bergantung kepada asupan eksternal. Ketika terjadi kelangkaan pupuk, petani tidak banyak terpengaruh karena sudah terbiasa mandiri (Kardinan, 2016).

Bahan dasar pupuk organik berasal dari limbah pertanian, antara lain: jerami dan sekam padi, kulit kacang tanah, ampas tebu, belotong, batang jagung, dan bahan hijauan lainnya. Sedang kotoran ternak yang banyak dimanfaatkan adalah berasal dari kotoran sapi, kerbau, kambing, ayam, dan itik (Sutanto, 2002a). Adapun mikroba yang dapat digunakan untuk memperbaiki kesehatan tanah, antara lain: cendawan *Trichoderma sp.* dan *Gliocladium sp.*, serta bakteri pengikat nitrogen, yaitu: *Azospirillum sp.*, *Azotobacter sp.*, *Rhizobium*, dan *Bradyrhizobium*. Selain itu, sampah atau limbah organik yang berasal dari sisa tanaman atau limbah rumah tangga dapat dimanfaatkan sebagai bahan dasar pembuatan pupuk organik.

Pembuatan pupuk dilakukan dengan mencampur limbah dengan bahan seperti pupuk kandang dan beberapa jenis mikroba (*inokulan*) yang dapat membantu proses pembuatan pupuk, mikroba yang digunakan adalah bakteri dan cendawan. Mikroba ini selain dapat membantu mempercepat proses pembusukan (*decomposting*), dapat juga berfungsi sebagai pengikat nitrogen dari udara dan mencegah timbulnya penyakit tanaman (Soenandar *et al.*, 2010). Pupuk organik dalam bentuk yang telah dikomposkan berperan penting dalam memperbaiki sifat fisika, kimia, hayati tanah serta sumber nutrisi tanaman. Sumber bahan kompos dapat berasal dari limbah organik, antara lain: sisa tanaman (jerami, batang, dan dahan), sampah rumah tangga, kotoran ternak, arang sekam, dan abu dapur (Wihardjaka dan Nursyamsi, 2012). Penambahan kompos juga berkontribusi terhadap peningkatan bahan organik tanah dan peningkatan aktivitas mikroba (Kowaljow *et al.*, 2010).

Pupuk hayati (*biofertilizer*) mengandung mikroorganisme dalam jumlah yang banyak mampu menyediakan hara untuk membantu pertumbuhan tanaman. Pupuk hayati dapat diterima sebagai pupuk yang berharga murah dibanding pupuk

kimia dan tidak menimbulkan pengaruh negatif pada kesehatan tanah dan lingkungan. Pupuk hayati merupakan sumber nitrogen dan Fosfor, di atmosfer mengandung nitrogen dalam jumlah yang cukup banyak (78%) dan mampu disemat oleh beberapa jenis bakteri yang hidup bebas (non simbiosis) di dalam tanah atau bersimbiosis dengan tanaman, terutama tanaman jenis legum. Pada saat ini yang banyak digunakan sebagai pupuk hayati adalah *Rhizobium*, *Azospirillum*, *Azotobacter*, dan *Phosphobacteria* (Rachman Sutanto, 2002a). Saha *et al.* (2012) mengemukakan bahwa penambahan pupuk hayati dengan jumlah yang mencukupi dapat menghasilkan kenaikan 5-30% pada hasil panen.

Larutan Mikroorganisme Lokal (MOL) merupakan cairan yang terbuat dari bahan organik alami. Larutan MOL mengandung unsur hara makro, mikro serta mikroba. Adanya mikroba dalam larutan MOL berpotensi sebagai perombak bahan organik, perangsang pertumbuhan, serta agen pengendali penyakit dan hama tanaman. Oleh karena larutan MOL dapat digunakan sebagai dekomposer, pupuk hayati, dan *bioprotector* (khususnya fungisida). Namun, penggunaan larutan MOL yang paling utama adalah sebagai semai mikroorganisme pemicu siklus kehidupan. Pada dasarnya berbagai macam bahan organik dapat diolah menjadi larutan MOL, asalkan bahan tersebut disukai dan dapat dijadikan media tumbuh bagi mikroorganisme. Berbagai jenis MOL yang dibuat dan diaplikasikan para petani adalah dari bahan buah-buahan, daun cebereng, bonggol pisang, sisa sayuran, rebung, limbah dapur, dan sebagainya (Purwasasmita dan Alik, 2014).

Mikroba dapat dimanfaatkan sebagai bakteri pemacu pertumbuhan tanaman atau *Plant Growth Promoting Rhizobacteria* (PGPR). Bakteri mampu mengkoloni perakaran tanaman dan bermanfaat bagi pertumbuhan tanaman. Bakteri ini hidup dan berkembang dengan memanfaatkan eksudat yang dikeluarkan oleh perakaran tanaman. Jika di lahan sedang tidak diolah, bakteri ini mampu memanfaatkan bahan-bahan organik yang berada di dalam tanah untuk bertahan hidup. Manfaat atau peran PGPR bagi tanaman adalah (1) menghasilkan fitohormon, diantaranya *Indole Acetic Acid* (IAA), sitokinin, giberelin, dan senyawa penghambat produksi etilen; (2) sebagai pupuk hayati, PGPR dapat membuat unsur hara yang ada di dalam tanah mudah diserap oleh tanaman

melalui proses mineralisasi dan transformasi; dan (3) sebagai bioprotektan, yaitu kemampuan untuk mengendalikan hama dan penyakit dengan menghasilkan antibiotik dan menginduksi tanaman memproduksi senyawa ketahanan dalam jumlah yang cukup untuk menjaga kesehatan tanaman (Soenandar *et al.*, 2010).

8. Aspek-aspek yang Berpengaruh bagi Petani dalam Pengelolaan Pertanian tanpa Penggunaan Masukan (*Input*) Kimia

Rangkuti (2009) mengungkapkan bahwa sumber daya pertanian meliputi: sumber daya alam, sumber daya manusia, kapital fisik dan teknologi, modal sosial, dan kelembagaan. Sumber daya tersebut dapat dikembangkan sebagai kegiatan agribisnis untuk meningkatkan keberdayaan, kemandirian dan kesejahteraan petani. Pengelolaan pertanian tanpa menggunakan masukan kimia tidak bisa lepas dengan konsep pertanian organik yang memerlukan usaha untuk memperkenalkan dan mengubah pola pikir masyarakat untuk lebih *familiar* dengan konsep tersebut. Beberapa hal yang mendukung konsep pertanian organik memanfaatkan sumber daya yang dimiliki manusia mendukung penghidupan berkelanjutan (Saragih, 2008), antara lain:

- a. Perbaikan sumber daya manusia, pertanian organik mendorong petani menjadi lebih kreatif dan mandiri di dalam mengelola usahatani. Petani juga akan menjadi lebih sehat karena tidak tercemari oleh bahan kimia sintetik yang berbahaya bagi kesehatan ketika mengelola usahatani. Konsumen menjadi lebih sehat karena mengkonsumsi makanan yang tidak tercemar bahan kimia;
- b. Perbaikan sumber daya alam, kualitas sumber daya alam menjadi lebih baik sehingga potensi alam mampu mendukung tanaman berproduksi optimal menjamin keberlanjutan kehidupan manusia;
- c. Perbaikan sumber daya sosial, petani terdorong untuk bekerja sama dengan petani lainnya karena tidak mungkin menjalankan pertanian organik sendirian di tengah-tengah sebagian besar lahan yang tidak organik sehingga ada saling ketergantungan dengan petani lain untuk membangun ekosistem yang organik;

- d. Perbaikan sumber daya ekonomi, biaya produksi untuk menjalankan usahatani organik setahap demi setahap akan menurun dan menjadi jauh lebih murah;
- e. Perbaikan sumber daya infrastruktur, pengembangan pertanian organik akan mendorong semakin banyak investasi untuk pembangunan pedesaan. Infrastruktur lebih memperhatikan aspek-aspek pelestarian alam sebagai bagian dari standar pertanian organik.

Peningkatan sumber daya manusia tidak dibatasi maknanya pada peningkatan produktivitas mereka saja, namun juga meningkatkan kemampuan petani untuk mengambil peran di berbagai proses pembangunan. Ketersediaan sumber daya manusia dengan mutu dan kualitas yang mumpuni pada sektor pertanian di Indonesia masih sedikit sehingga menyebabkan produktivitas pertanian yang dihasilkan masih rendah. Kondisi rendahnya mutu sumber daya manusia itu menjadi lebih memprihatinkan apabila kita melihat usia dari para petani di Indonesia (Soetrisno, 2002).

Pertanian berhubungan dengan lingkungan alam karena aktivitas eksploitasi sumber daya alam pada proses produksi pertanian. Kegiatan pertanian yang berlangsung secara intensif menyebabkan habisnya sumber daya alam dan berkurangnya produktivitas pertanian (Wrzaszcz dan Konrad, 2015). Pengelolaan pertanian agar lebih memperhatikan ketersediaan dan kelestarian sumber daya alam, terutama tanah sebagai lahan budidaya. Jaminan ekosistem yang sehat dengan mengurangi pencemaran sangat diperlukan dengan mengurangi bahan kimia pada pupuk maupun pestisida yang digunakan dalam bercocok tanam.

Energi sosial masyarakat terdapat di antara unit-unit sosial yang ada di masyarakat, keluarga, rukun tetangga, himpunan, kelompok, asosiasi atau unit sosial lain. Energi sosial itu meliputi seluruh elemen sosial, potensi kreatif masyarakat serta prakarsa dan gagasan yang berkembang di masyarakat, semuanya itu bisa dikelola sebagai kekuatan pembangunan pertanian (Rangkuti, 2009). Kerjasama dan kemitraan antara masyarakat menjadi modal utama dalam

pengembangan pertanian terpadu dalam upaya meningkatkan kesejahteraan petani.

Minat petani dalam pengelolaan pertanian memanfaatkan sumber daya lokal dengan sistem pertanian organik dipengaruhi beberapa aspek, antara lain: sumber daya manusia (SDA), sumber daya alam (SDM), dan sosial. Oleh karena itu perwujudan pengelolaan pertanian berkelanjutan berwawasan lingkungan memerlukan kerjasama dan keseriusan di setiap lini masyarakat untuk meningkatkan kesejahteraan petani dan pemenuhan kebutuhan pangan yang sehat. Beberapa keuntungan yang diperoleh antara lain: perlindungan pada lingkungan, peningkatan pendapatan petani, mengurangi biaya masukan eksternal, meningkatkan kapasitas sosial, meningkatkan kesempatan kerja, menjamin ketahanan pangan, dan meningkatkan daya beli masyarakat lokal. Walaupun masih terdapat permasalahan yang menjadi tantangan seperti hasil panen lebih rendah dari konvensional, kesulitan dalam pengelolaan hara tanah, sertifikasi organik yang mahal, hambatan pemasaran, keterbatasan pengetahuan dan penelitian bagi petani (Jouzi *et al.*, 2017).

9. Padi (*Oryza sativa* L.)

Padi adalah tanaman penting bagi umat manusia karena lebih dari setengah penduduk dunia tergantung pada tanaman ini sebagai sumber pangan. Hampir seluruh penduduk Indonesia memenuhi kebutuhan pangannya dari padi (Utama, 2015). Beras merupakan bahan makanan pokok bagi sebagian besar penduduk Indonesia. Meskipun beras dapat digantikan oleh makanan lainnya, namun beras memiliki nilai tersendiri bagi orang yang biasa makan nasi dan tidak dapat dengan mudah digantikan oleh bahan makanan yang lain (Sudarma, 2013). Di Indonesia, beras bukan hanya sekadar komoditas pangan, tetapi juga merupakan komoditas strategis yang memiliki sensitivitas politik, dan kerawanan sosial yang tinggi. Demikian tergantungnya penduduk Indonesia pada beras maka sedikit saja terjadi gangguan beras, pasokan menjadi terganggu dan harga jual meningkat (Andoko, 2008).

Di alam ditemukan ribuan varietas tanaman padi yang dikenal umat manusia, namun tidak semuanya mempunyai nilai ekonomis. Spesies yang dibudidayakan oleh petani umumnya adalah spesies *Oryza sativa* L. Tanaman padi termasuk dalam Divisio *Spermathophyta*, Klas *Monokotiledon*, Ordo *Glumeflorae*, Famili *Gramineae*, Genus *Oryza*, dan Spesies *Oryza sativa* L. Tanaman padi memiliki batang silindris, agak pipih atau bersegi, berlubang atau masif, pada buku selalu masif dan sering membesar, berbentuk herba. Batang dan pelepah daun tidak berambut. Daunnya adalah tunggal, dua baris, terkadang seolah berbaris banyak. Pelepah daun berkembang sangat baik, pada batas antara pelepah daun dan helaian daun sering terdapat lidah. Bunga padi secara keseluruhan disebut malai yang merupakan bunga majemuk. Malai terdiri dari dasar malai serta tangkai malai atau sumbu malai bercabang primer yang menghasilkan cabang sekunder, tangkai bunga, dan bunga. Bunga tanaman padi tersusun dalam bulir, yang terdiri dari dua atau lebih glumae (daun) serupa sisik yanguduknya berseling dalam dua baris berhadapan (Utama, 2015).

Padi bersifat merumpun, artinya tanaman-tanamannya anak-beranak. Demikianlah umpamanya: bibit yang hanya sebatang saja ditanamkan dalam waktu yang sangat singkat telah dapat membentuk satu dapuran, dimana terdapat 20-30 atau lebih anakan/ tunas-tunas baru (Siregar, 1980). Fase pertumbuhan tanaman padi dibagi dalam tiga fase, yaitu: (1) fase vegetatif, dimulai dari awal pertumbuhan sampai pembentukan bakal malai/ primordia; (2) fase reproduktif, mulai dari primordia sampai pembungaan dan (3) fase pematangan, dari pembungaan sampai tahap gabah masak (pengisian malai) (Makarim dan Suhartatik, 2009).

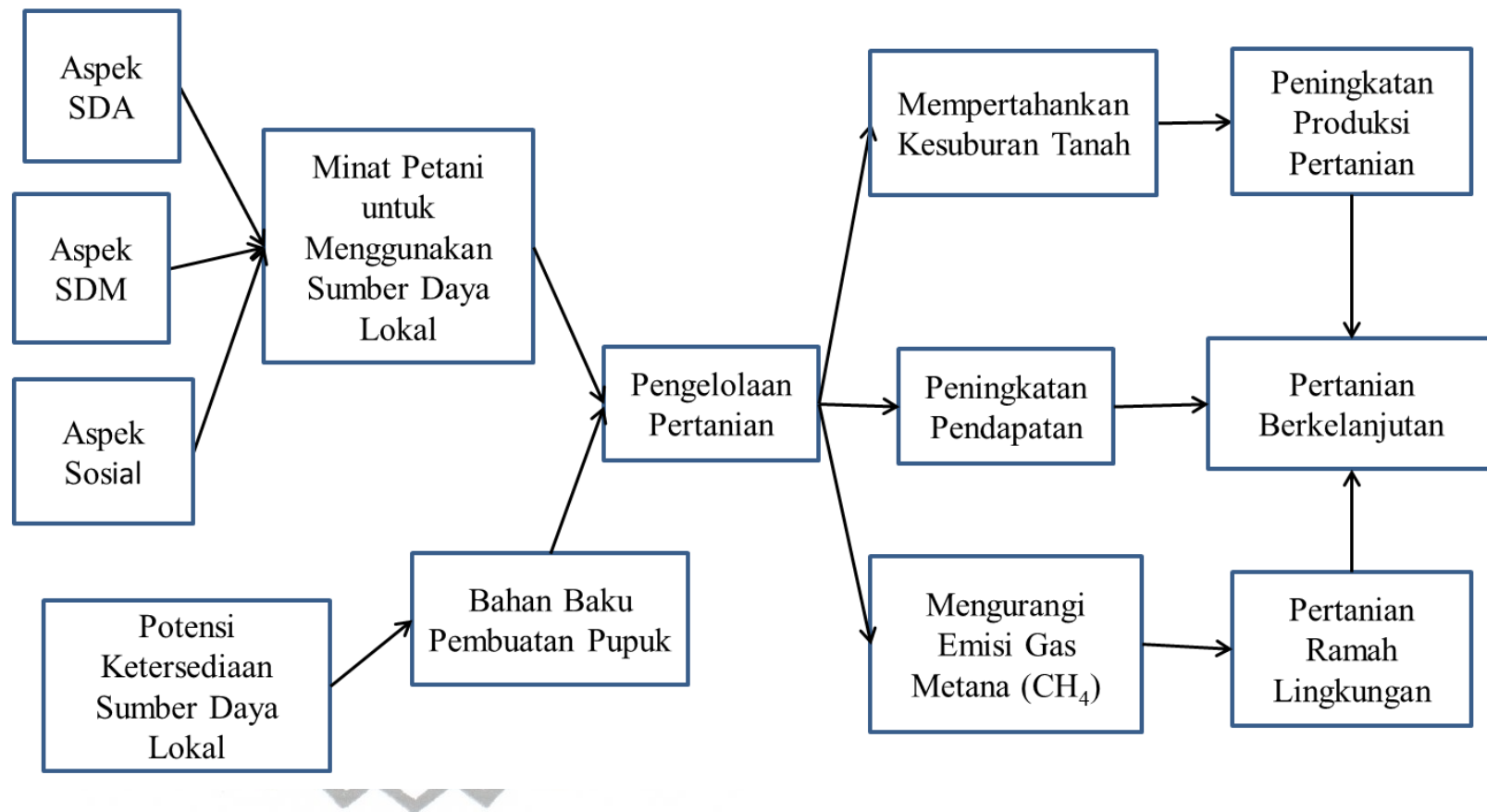
B. Kerangka Berpikir

Penggunaan pupuk kimia dengan jumlah yang besar dalam pengelolaan pertanian mengakibatkan ketergantungan bagi petani. Penggunaan yang berlebihan mengakibatkan kesuburan tanah menjadi berkurang dan menimbulkan emisi gas metana (CH_4) pada lahan padi sawah. Oleh karena itu sudah saatnya mengurangi penggunaan pupuk kimia beralih menggunakan sumber daya lokal

sebagai bahan baku pembuatan pupuk ramah lingkungan. Pemanfaatan sumber daya lokal dalam pengelolaan pertanian perlu memperhatikan minat petani dengan mempertimbangkan aspek sumber daya alam (SDA), sumber daya manusia (SDM), serta sosial sehingga mampu meningkatkan pendapatan petani melalui peningkatan produktivitas pertanian maupun penghematan biaya produksi. Konsep model pengelolaan pertanian berkelanjutan yang berwawasan lingkungan dengan memanfaatkan sumber daya lokal merupakan upaya mengubah pola pikir masyarakat (*mindset*) yang selama ini bergantung pada kimia sintetis beralih pada penggunaan sumber daya lokal secara bijak dan berkesinambungan dalam usaha budidaya pertanian mendorong perwujudan kemandirian masyarakat.

Khudori (2010) mengemukakan bahwa salah satu hal yang perlu dilakukan untuk mengeliminasi ancaman hilangnya kedaulatan pangan, bahkan lebih jauh untuk mewujudkan kedaulatan pangan, harus ditempuh langkah simultan, yaitu harus dipastikan sumber daya alam (tanah, air, hutan dan sumber-sumber produksi lainnya) berada dalam kontrol petani atau komunitas lokal. Sumber daya yang ada harus dimanfaatkan seoptimal mungkin untuk memproduksi aneka pangan lokal sendiri sesuai dengan keanekaragaman hayati dan pengetahuan/ kearifan lokal, namun tidak mengabaikan upaya pelestarian sumber daya tersebut. Kepastian ketersediaan bahan baku lokal memberikan kenyamanan bagi masyarakat untuk memproduksi dan mengembangkan teknologi pengelolaan pertanian yang mudah dan aplikatif bagi petani dengan tujuan meningkatkan produktivitas pertanian, mengurangi pencemaran lingkungan, meningkatkan kesejahteraan petani melalui peningkatan pendapatan masyarakat dengan adanya ketertarikan (minat) petani untuk mengaplikasikan di lahan pertanian. Ruang lingkup komponen SDA, SDM dan ekonomi merupakan substansi dari pengelolaan pertanian berkelanjutan yang berwawasan lingkungan dengan memanfaatkan sumber daya lokal.

Kerangka Berpikir Penelitian



Gambar 1. Kerangka Berpikir Penelitian

C. Hipotesis

1. Ketersediaan sumber daya lokal dapat memenuhi kebutuhan sebagai bahan baku pembuatan pupuk ramah lingkungan.
2. Penggunaan sumber daya lokal pada pemupukan mempengaruhi pertumbuhan dan hasil produksi padi serta menurunkan emisi gas metana (CH_4).
3. Penggunaan sumber daya lokal memberikan keuntungan ekonomi melalui pengelolaan pertanian organik serta ada pengaruh positif antara aspek sumber daya alam (SDA), sumber daya manusia (SDM), dan sosial terhadap minat petani menggunakan sumber daya lokal dalam pengelolaan pertanian.
4. Pemanfaatan sumber daya lokal mendukung penguatan dan pengembangan model pengelolaan pertanian berkelanjutan berwawasan lingkungan.

