

## I PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Sejalan dengan Strategi Induk Pembangunan Pertanian (SIPP) 2015-2045, persoalan mendasar yang diperkirakan masih dihadapi sektor pertanian di masa yang akan datang, khususnya jangka waktu 2015-2019, mencakup aspek seperti: kerusakan lingkungan dan perubahan iklim, infrastruktur, sarana prasarana, lahan dan air; kepemilikan lahan; sistem perbenihan dan perbibitan nasional; akses petani terhadap permodalan kelembagaan petani dan penyuluh; keterpaduan antar sektor, dan kinerja pelayanan birokrasi pertanian (Kementan, 2015).

Antisipasi kerusakan lingkungan sampai dengan keamanan produk hingga tahun 2030 tertuang dalam program pembangunan berkelanjutan yang dikenal dengan pembangunan Pasca-2015 dan atau Sustainable Development Goals (SDGs). Terdapat 17 tujuan dan 169 target di SDGs, diharapkan untuk dimulai pada tanggal 1 Januari 2016 dan dicapai pada tanggal 31 Desember 2030. Fitur utama dari SDGs adalah cara implementasi mobilisasi sumber daya keuangan serta peningkatan kapasitas dan transfer teknologi yang mampu mengurangi kerusakan lingkungan (ILO, 2016).

Pembangunan berkelanjutan tersebut ada tiga dimensi yaitu ekonomi, sosial dan lingkungan. Sesuai tujuan 12 yaitu memastikan pola konsumsi dan produksi yang berkelanjutan. Di dalam tujuan tersebut menyebutkan diantaranya bahwa pada tahun 2020, meraih manajemen ramah lingkungan dari bahan kimia dan limbah lainnya sepanjang siklus hidupnya, sesuai dengan kerangka kerja internasional yang telah disepakati, dan secara signifikan mengurangi pelepasan bahan-bahan tersebut ke udara, air dan tanah dalam rangka meminimalisir dampak buruk bahan tersebut terhadap kesehatan manusia dan lingkungan. Pada tahun 2030, secara substansial mengurangi produksi limbah melalui tindakan pencegahan, pengurangan, daur ulang dan penggunaan kembali (INFID, 2015).

Permasalahan yang sering ditemukan bukan hanya pencemaran pada lahan pertanian tetapi produk pertanian juga akan terkontaminasi. Pengelolaan lahan

yang berbeda menyebabkan perubahan sifat tanah baik sifat fisika, kimia, biologi maupun sifat-sifat lainnya sehingga sifat tanah akan berbeda dengan sifat asalnya. Input luar terutama pupuk dan pestisida kimia masih terus dilakukan meskipun sudah mulai berkurang. Input luar yang mengandung cemaran diantaranya logam berat akan berpengaruh pada lahan dan produk. Penggunaan pupuk anorganik berlebihan menyebabkan struktur tanah menjadi padat dan daya dukung tanah menurun bagi pertumbuhan tanaman. Bila kondisi ini dibiarkan, maka dapat menimbulkan kerusakan lahan semakin luas dan berakibat penurunan produktivitas lahan dan tanaman (Kementan, 2015).

Hasil penelitian di Belgrade Serbia melaporkan bahwa cemaran logam berat dari industri Power Plant telah terdeteksi Pb (13,4-27,4 mg/kg), Cd (0,11-0,27 mg/kg), Cu (20,5-34,4 mg/kg), Zn (75,3-142 mg/kg) tanah di lahan pertanian masih di bawah baku mutu nasional dan internasional yang ditetapkan (Markovie et al., 2010). Penelitian Wahyuni et al., (2018) juga menyatakan bahwa di Kota Sawahlunto terdapat daerah yang sedikit terkontaminasi logam berat yang telah melewati batas ambang dalam tanah yaitu daerah pertanian dengan logam As (32 ppm), Cr (22 ppm) dan Fe (71788 ppm).

Umumnya kandungan logam Cd di tanah yang tidak terpolusi adalah  $0,35 \text{ mgkg}^{-1}$  dengan kisaran  $0,001-2,0 \text{ mgkg}^{-1}$  (Bradl et al., 2005; Dewi dan Hindersah, 2009). Kandungan logam berat  $\text{Cd}^{2+}$  dalam tanah yang relatif tinggi memiliki korelasi positif terhadap tingginya kandungan logam berat  $\text{Cd}^{2+}$  pada beras yang dihasilkan. Berdasarkan hasil identifikasi kandungan logam berat Cd di lokasi pengembangan padi organik di Kabupaten Magelang pada tanah (1,59-1,75 ppm) dan beras (1,66-1,84 ppm) (Hindarwati et al., 2013). Sedangkan di Kabupaten Semarang yang menggunakan input luar pupuk kimia spesifik lokasi masih terdapat kandungan logam berat pada tanah dan beras (0,54- 1,32 ppm) dan (0,95 - 1,14 ppm) (Hindarwati et al., 2014).

Penelitian lain juga menunjukkan bahwa di Desa Sukajadi Kecamatan Sukatani Kabupaten Bekasi telah tercemar limbah industri sebesar 0,30 ppm Cadmium (Cd) tanah dan Cd beras 0,2 ppm (Kurnia et al., 2004). Logam berat Pb dalam tanah dan gabah juga ditemukan pada lahan sawah Sub-DAS Juwana,

berkisar antara 0,23-2,89 ppm dalam tanah dan antara 0,23-1,23 ppm dalam gabah (Mulyadi, 2013). Tanah dikatakan terkontaminasi Cd dan Pb jika kandungan telah mencapai 3-8 mgkg<sup>-1</sup> Cd dan 100-400 mgkg<sup>-1</sup> untuk Pb (Alloway, 2005).

Remediasi merupakan salah satu terapan teknologi untuk meminimalisir kandungan logam berat pada tanah terutama lahan pertanian, diantaranya dengan pemanfaatan bahan organik. Pemberian bioremediator *Bacillus* sp bersama-sama dengan pembenaman jerami dapat menurunkan dengan nyata serapan Cd beras hingga 43,32%, dan pemberian inokulan *Bacillus* sp saja dapat menurunkan inokulan jerami 58%, kadar Cd beras 33%, dan kadar Cd tanah 18% serta meningkatkan bobot beras 6%. Inokulasi dengan *Bacillus* sp, dapat menurunkan serapan Pb 36,49% - 58,21% dan serapan Cd 31,05% - 51,32% pada beras. Pemanfaatan konsorsia *Bacillus* sp toleran Cd diharapkan dapat mengurangi dampak negatif pencemaran logam berat Cd akibat limbah industri (Saraswati et al., 2006).

Input organik pada lahan pertanian sangat diperlukan pada masa mendatang seiring dengan meningkatnya degradasi lahan yang diindikasikan semakin menurunnya kandungan bahan organik pada tanah. Makarim dan Suhartatik (2016) menyebutkan bahwa bahan organik yang dijadikan masukan andalan pertanian padi pada masa depan selain dapat diproduksi secara *in situ*, juga harus lebih berkualitas.

Secara ekonomi penerapan teknologi yang berbahan alami lebih banyak diterapkan petani, karena lebih murah dan lebih mudah diantaranya dengan menggunakan pupuk kandang dan limbah jerami. Penerapan teknologi yang berbahan dasar alami maupun organik diantaranya pupuk kandang mampu meminimalisir terjadinya pencemaran tanah. Pengaruh bahan organik terhadap kualitas tanah dan hasil tanaman biasanya akan terlihat setelah beberapa tahun dengan penggunaan yang terus menerus karena kandungan haranya rendah, bersifat ruah (*bulky*) dan cenderung menurunkan produksi pada tahap awal implementasi (Syam, 2008).

Kurangnya pemahaman petani yang mengacu pada keberhasilan sebelumnya selama ini masih terbersit dalam kebiasaan pola pikir petani. Input produksi berlebih dengan harapan produktivitas lebih meningkat. Areal persawahan yang patut diperhatikan di Desa Sruwen adalah masih digunakannya pupuk anorganik dalam meningkatkan produktivitas pertanian. Hal ini akan menyebabkan semakin menurunnya kualitas lingkungan, diantaranya residu kimia berupa logam berat pada lahan pertanian.

Penurunan kualitas lingkungan diantaranya dapat ditunjukkan dengan miskinnya kandungan bahan organik pada tanah. Tanah yang miskin bahan organik mempunyai kemampuan yang kurang terhadap daya sangga terhadap pupuk, sehingga efisiensi pupuk anorganik berkurang karena sebagian besar pupuk hilang dari lingkungan perakaran (Adiningsih, 1992 ; Hartatik et al., 2015). Upaya mengurangi penurunan kesuburan tanah dan meningkatkan produktivitas hasil yang berkelanjutan diperlukan pupuk organik yang memadai baik dalam kuantitas, kualitas, dan kontinuitas (Hartatik et al., 2015).

Selektivitas penggunaan pupuk organik perlu ditingkatkan. Persyaratan teknis minimal logam berat pada pupuk organik seringkali diabaikan meskipun sudah ditetapkan pemerintah. Secara umum hanya fungsi pupuk yang menjadi perhatian karena kaya akan sumber hara dan pembenah tanah tanpa memperhatikan bahan dasar yang digunakan untuk pupuk. Bahan dasar pupuk sangat menentukan kualitas produk akhir pupuk. Pupuk yang berbahan dasar logam berat akan menghasilkan pupuk yang mengandung logam berat pula.

Selama ini pemanfaatan limbah pertanian dan peternakan kurang begitu optimal. Limbah pertanian berupa jerami hanya sebagai pakan ternak, dibiarkan menumpuk, dan dibakar begitu saja di lahan. Sedangkan kotoran ternak dalam bentuk basah langsung diaplikasikan sebagai pupuk. Penggunaan pupuk organik yang kurang matang memerlukan waktu dekomposisi, sehingga memperlambat serapan unsur hara yang diperlukan tanaman. Lamanya waktu dekomposisi tersebut seringkali petani lebih memilih pupuk anorganik yang relatif lebih cepat terlihat hasilnya pada tanaman.

Berdasar pada permasalahan tersebut perlu dilakukan penelitian sebagai upaya dalam meremediasi kontaminan logam berat dengan pemanfaatan sumberdaya yang tersedia yaitu limbah pertanian berupa jerami, dalam bentuk jerami segar, jerami melapuk, maupun jerami yang dikomposkan dan limbah peternakan (kotoran ternak sapi) berupa pupuk kandang.

## **1.2. Rumusan Masalah**

Tingkat pencemaran lingkungan pertanian sangat erat berhubungan dengan perilaku petani seiring dengan kemajuan teknologi untuk meningkatkan produktivitas. Sistem pertanian konvensional dengan input produksi anorganik dimungkinkan terdapat pencemaran logam berat. Bertumpu pada produktivitas yang tinggi dan meningkatkan kualitas lahan pertanian diperlukan satu teknologi satu teknologi untuk meminimalisir pencemaran pertanian khususnya logam berat. Pemanfaatan sumberdaya lokal sebagai pupuk dari limbah pertanian dan ternak yaitu jerami dan kotoran ternak dimungkinkan dapat menurunkan residu logam berat. Berdasar hal tersebut diperlukan penelitian tentang efisiensi penggunaan pupuk organik untuk meremediasi logam berat pada lahan pertanian. Adapun pertanyaan yang timbul pada penelitian ini adalah:

1. Apakah lahan pertanian di Desa Sruwen Kecamatan Tengaran Kabupaten Semarang tercemar logam berat?
2. Apakah ada teknologi yang mampu meremediasi pencemaran logam berat pada areal pertanian tersebut?

## **1.3 Tujuan penelitian**

1. Mengidentifikasi kandungan logam berat  $Pb^{2+}$ ,  $Cd^{2+}$ , dan  $Cu^{2+}$  pada lahan sawah di Desa Sruwen Kecamatan Tengaran Kabupaten Semarang.
2. Menganalisis efisiensi penggunaan pupuk organik dalam meremediasi lahan pertanian.
3. Menganalisis kandungan logam berat  $Pb^{2+}$ ,  $Cd^{2+}$ , dan  $Cu^{2+}$  pada tanah, dan akumulasinya pada gabah melalui aplikasi pupuk.
4. Menganalisis produktivitas padi dengan pemupukan organik dan anorganik.

#### **1.4 Hipotesis**

Diduga aplikasi pupuk organik mampu menurunkan residu logam berat pada tanah dan meningkatkan produktivitas padi.

#### **1.5 Manfaat penelitian**

Menjadi landasan strategis upaya meremediasi logam berat pada lahan pertanian dengan pemanfaatan limbah pertanian dan peternakan untuk peningkatan produktivitas padi dalam mendukung ketahanan pangan.

#### **1.6 Penelitian terdahulu**

Berdasarkan penelitian-penelitian terdahulu, unsur logam berat sering ditemukan pada tanah dan akan terserap tanaman terutama padi. Keberadaan logam berat tersebut dapat disebabkan karena faktor alamiah maupun aktivitas manusia yang mengakibatkan penurunan kualitas lingkungan. Perbaikan kualitas lahan pertanian sampai saat ini masih terus dilakukan penelitian, agar kontaminan akibat input produksi berlebih terutama anorganik dapat diantisipasi.

Berbagai paket teknologi sudah diterapkan untuk memperbaiki kualitas tanah sehingga pencemaran lingkungan terutama logam berat dapat diminimalisir. Teknologi remediasi tanah tercemar logam berat dapat menggunakan bahan organik. Berbagai bahan amelioran dari berbagai macam jenis, bentuk, dan dosis sudah banyak dilakukan penelitian. Salah satu alternatif amelioran dalam meremediasi logam berat yang ada pada lahan pertanian yaitu dengan pemanfaatan limbah pertanian (jerami) dan peternakan (kotoran ternak).

Upaya mendukung hal tersebut diperlukan penelitian untuk meremediasi logam berat yang ada pada persawahan di Desa Sruwen Kecamatan Tengaran Kabupaten Semarang sesuai tujuan dan manfaat. Penelitian terdahulu terkait pemupukan dan logam berat terdapat pada Tabel 1.

Tabel 1. Penelitian terdahulu tentang pemupukan dan logam berat

Peneliti/Tahun/Judul	Tujuan/Metode	Hasil
Budianto et al., 2003. Manfaat kompos untuk meremediasi logam berat Kadmium dalam tanah.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Untuk menentukan seberapa besar kemampuan bahan organik sebagai amelioran serta mekanisme yang terjadi yang telah dilaksanakan dalam percobaan pot dengan menambahkan larutan 100 mg/kg pada <i>Ultisol</i> yang dikombinasikan dengan kompos dengan dosis 20/ha.</li> <li>- Menggunakan rancangan acak lengkap dengan dua faktor . Faktor 1: berbagai kompos ( buah kosong kelapa sawit, jerami padi, sampah sayuran, dan legume penutup tanah (<i>Colopogonium</i>).Faktor 2: Larutan Cd : 0 dan 100 mg/kg).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Semua kompos mampu menekan Cd terlarut dalam tanah, dan imobilisasi Cd terbanyak pada tanah yang diberi kompos tandan buah kosong kelapa sawit yang mampu menurunkan Cd lebih dari 87 % selanjutnya jerami padi, sampah sayuran, kemudian legume</li> <li>- Ultisol tanpa pemberian kompos juga mampu menurunkan Cd lebih dari 50%.</li> </ul>
Syamsiyah et al., 2010. Efisiensi serapan P dan hasil tanaman padi ( <i>Oryza sativa</i> L.) yang dipupuk dengan pupuk kandang puyuh dan anorganik di lahan sawah Palur Sukoharjo (Musim Tanam II).	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Menggunakan rancangan acak kelompok lengkap (RAKL), dua faktor. Faktor I: dosis pupuk anorganik. Faktor II : dosis pupuk kandang puyuh.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pemberian pupuk anorganik dan pupuk kandang puyuh nyata mempengaruhi efisiensi serapan P dan berat gabah kering giling.</li> <li>- Ada kecenderungan semakin meningkatnya efisiensi serapan P akan meningkatkan efisiensi agronomi.</li> </ul>
Danapriatna et al., 2012. Pemulihan kesehatan tanah sawah melalui aplikasi pupuk hayati penambat N dan kompos jerami padi.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Memulihkan kesehatan dan kesuburan tanah melalui pemanfaatan pupuk hayati, kompos jerami padi dan pupuk urea pada padi sawah</li> <li>- Menggunakan RAK faktorial, yaitu kombinasi pupuk nitrogen fiksasi nitrogen dan kompos jerami (faktor A) dan pupuk nitrogen (faktor B).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aplikasi pupuk hayati 400 g ha-1 dan 2 ha-1 ton kompos jerami dapat memulihkan kesehatan tanah seperti yang ditunjukkan oleh peningkatan C organik dari 1,25% menjadi lebih dari 2% dan peningkatan populasi dan aktivitas bakteri.</li> <li>- Pemupukan kompos jerami dan pupuk NPK berpengaruh nyata meningkatkan pertumbuhan padi sawah yang meliputi rata-rata tinggi tanaman dan jumlah anakan, namun tidak berpengaruh nyata pada produksi.</li> </ul>

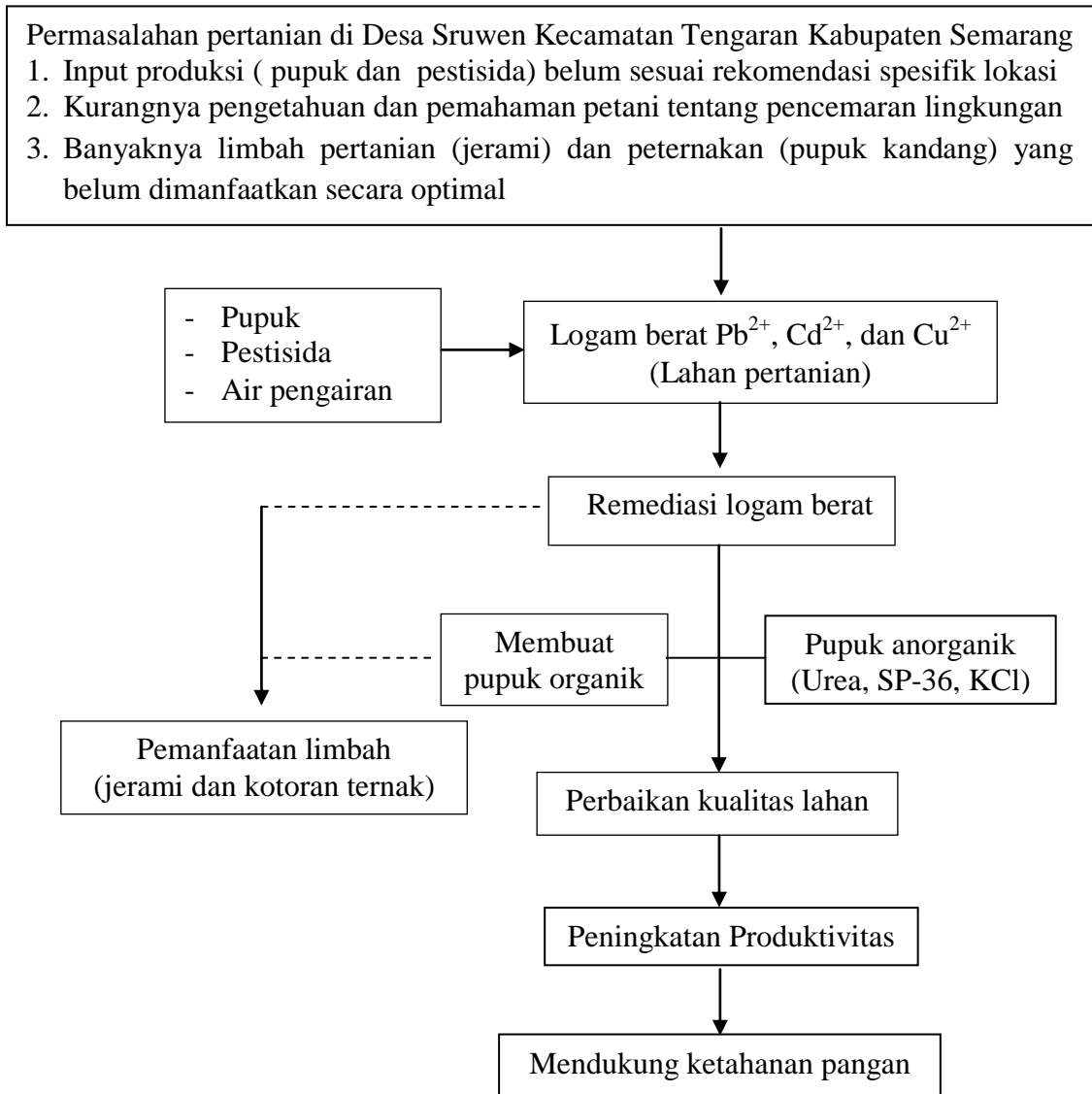
<p>Amelia et al., 2015. Analisis kadar logam berat Pb dan pertumbuhan tanaman padi di area persawahan Dusun Betas, Desa Kapulungan, Gempol-Pasuruan.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mengukur kadar logam Pb pada buah padi dan mendeskripsikan pengaruh kadar Pb terhadap pertumbuhan tanaman padi (<i>Oryza sativa</i>) di area Dusun Betas, Desa Kapulungan, Gempol-Pasuruan</li> <li>- Pengaruh kadar Pb air dan Pb substrat terhadap kadar Pb pada buah padi, tinggi padi dan biomassa dianalisis dengan uji regresi linier berganda. Pengaruh kadar Pb air dan Pb substrat terhadap jumlah daun padi dianalisis dengan uji korelasi spearman.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Kadar logam berat Pb pada buah padi pada 90 hari setelah tanam (HST) tersebut melebihi baku mutu yang ditetapkan oleh WHO/FAO dan BPOM.</li> <li>- Logam berat Pb di air dan tanah berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman padi (meliputi tinggi tanaman, jumlah daun dan biomassa).</li> </ul>
<p>Kadengkang et al., 2015. Kajian pemanfaatan kompos jerami sebagai substitusi pupuk NPK pada pertumbuhan dan produksi Padi Sistem IPAT-BO.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mengkaji dosis kompos jerami yang tepat untuk mensubstitusi pupuk NPK pada pertumbuhan dan produksi padi sistem IPAT-BO</li> <li>- Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan 5 perlakuan dan 4 ulangan. Perlakuan terdiri dari I1=0% kompos jerami dan 100% pupuk NPK, I2=25% kompos jerami dan 75% pupuk NPK, I3 =50% kompos jerami dan 50% pupuk NPK; I4=75% kompos jerami dan 25% pupuk NPK dan I5=100 % kompos jerami dan 0 % pupuk NPK.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pemupukan kompos jerami dan pupuk NPK berpengaruh nyata meningkatkan pertumbuhan padi sawah yang meliputi rata-rata tinggi tanaman dan jumlah anakan, namun tidak berpengaruh nyata pada produksi.</li> </ul>
<p>Hindersah et al., 2017 Azotobacter chroococcum dan pembersih tanah untuk menurunkan serapan Kadmium oleh tanaman padi (<i>Oryza sativa</i> L.)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mempelajari perubahan serapan kadmium di tajuk tanaman padi melalui aplikasi pupuk hayati Azotobacter chroococcum dan berbagai amelioran</li> <li>- RAKL faktorial dengan dua faktor perlakuan yaitu konsentrasi A. chroococcum dan amelioran organik maupun anorganik.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Inokulasi Azotobacter maupun penambahan berbagai jenis amelioran tidak mengubah kemasaman tanah.</li> <li>- Inokulasi Azotobacter dengan konsentrasi 108 cfu mL<sup>-1</sup> meningkatkan populasi Azotobacter jika disertai dengan aplikasi amelioran biochar, kompos jerami maupun zeolite.</li> <li>- Tanaman yang diinokulasi Azotobacter, serapan N meningkat tetapi serapan Kadmium menurun.</li> <li>- Pupuk hayati Azotobacter dapat berperan dalam menurunkan serapan Kadmium tanaman padi.</li> </ul>



## 1.7 Kerangka pikir penelitian

Besarnya input pupuk dan pestisida yang tidak mengacu pada rekomendasi spesifik lokasi akan meningkatkan pencemaran pertanian. Pencemaran yang sering terjadi pada lahan pertanian akibat aplikasi pupuk dan pestisida yaitu terdapatnya kandungan logam berat terutama  $Pb^{2+}$ ,  $Cd^{2+}$ , dan  $Cu^{2+}$ . Bukan hanya input pupuk dan pestisida, tetapi sumber air pengairanpun merupakan salah satu penunjang kontaminan logam berat. Kontaminan tersebut akan terserap tanaman, yang pada akhirnya akan mengakibatkan penurunan kesehatan tubuh apabila terakumulasi dalam tubuh dalam jangka waktu yang lama. Kurangnya pengetahuan dan pemahaman petani terhadap kelestarian lingkungan sangat memicu keterbelakangan terapan teknologi. Budidaya pertanian secara konvensional dengan pemupukan tidak berimbang masih terus dikembangkan sehingga berdampak pada pencemaran lingkungan. Salah satu upaya teknologi yang dapat diterapkan pada petani untuk meremediasi logam berat pada lahan pertanian yaitu memanfaatkan limbah pertanian dan peternakan sebagai pupuk organik.

Banyaknya limbah pertanian (jerami) dan peternakan (kotoran ternak) di Desa Sruwen Kecamatan Tengaran Kabupaten Semarang belum dimanfaatkan secara optimal oleh petani. Limbah jerami hanya digunakan sebagai pakan ternak dan bahkan dibiarkan membusuk di sawah dan ada yang hanya dibakar di lahan begitu saja. Bahan amelioran yang mudah didapat dengan harga murah adalah jerami dan pupuk kandang, namun efisiensi penggunaannya sebagai pupuk organik dalam meremediasi lahan pertanian belum banyak diketahui oleh masyarakat. Berlatarbelakang hal tersebut maka diperlukan penelitian tentang efisiensi penggunaan pupuk organik dengan pemanfaatan limbah jerami dan kotoran ternak dalam meremediasi logam berat terutama pada lahan sawah. Hasil penelitian diharapkan dapat menghasilkan informasi teknologi dalam meremediasi pencemaran logam berat pada lahan pertanian untuk mendukung ketahanan pangan. Kerangka pikir penelitian terdapat pada Gambar 1.



Gambar 1. Kerangka pikir penelitian