

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1. Latar Belakang**

Tanaman kentang (*Solanum tuberosum* L.) menghasilkan umbi sebagai komoditas sayuran yang diprioritaskan untuk dikembangkan dan berpotensi untuk dipasarkan di dalam negeri dan diekspor. Tanaman kentang merupakan salah satu tanaman penunjang program diversifikasi pangan untuk memenuhi kebutuhan gizi masyarakat. Sebagai bahan makanan, kandungan nutrisi umbi kentang dinilai cukup baik, yaitu mengandung protein berkualitas tinggi, asam amino esensial, mineral, dan elemen-elemen mikro, di samping juga merupakan sumber vitamin C (asam askorbat), beberapa vitamin B (tiamin, niasin, vitamin B6), dan mineral P, Mg, dan K (“*International Potato Center*”, 1984).

Perbandingan protein terhadap karbohidrat umbi kentang lebih tinggi daripada biji serealia dan umbi lainnya. Kandungan asam aminonya juga seimbang sehingga sangat baik bagi kesehatan manusia (Niederhauser, 1993). Umbi kentang tidak mengandung lemak dan kolestrol, namun mengandung karbohidrat, sodium, serat diet, protein, vitamin A, vitamin C, kalsium, dan zat besi, di samping juga vitamin B6 yang cukup tinggi dibandingkan dengan beras (Kolasa, 1993).

Tingginya kandungan karbohidrat menyebabkan umbi kentang dikenal sebagai bahan pangan yang dapat menggantikan bahan pangan penghasil karbohidrat lain seperti beras, gandum, dan jagung. Tanaman kentang juga dapat

meningkatkan pendapatan petani serta produknya merupakan komoditas nonmigas dan bahan baku industri prosesis. Selain itu, umbi kentang lebih tahan lama disimpan dibandingkan dengan sayuran lainnya.

Di Indonesia sampai saat ini umbi kentang yang digunakan untuk makanan olahan adalah umbi kentang kultivar Atlantic. Kultivar Atlantic mengandung beberapa keunggulan, yaitu kemudahan dalam pengolahan hasil umbi, tingkat produksi yang tinggi, dan mempunyai kualitas umbi *chip and fried* walaupun juga mengandung kelemahan, yaitu tidak tahan terhadap penyakit dan hama (Plaisted *dkk.*, 1975). Menurut Khumaida (1994) yang dikutip oleh Widyastuti (1996), kultivar Atlantic tergolong ke dalam *Solanum tuberosum* L. yang diseleksi di Amerika Serikat dengan karakteristik tertentu, yaitu produktivitas tinggi, kulit umbi putih kekuningan, daging umbi putih, mata umbi dangkal, bentuk umbi bulat, kadar air rendah, dan tidak mengalami perubahan setelah diproses.

Produktivitas tanaman kentang di Indonesia relatif masih rendah dan tidak stabil, yaitu berkisar antara 13 sampai 17 t ha<sup>-1</sup> (Statistical Yearbook of Indonesia, 2000). Produktivitas tanaman kentang nasional dari tahun 1998 sampai tahun 2002 berturut-turut, 15.348, 14.700, 15.400 t ha<sup>-1</sup>, 15.600 t ha<sup>-1</sup>, dan 14.800 t ha<sup>-1</sup> (Statistical Yearbook of Indonesia, 2002). Hasil rata-rata itu masih jauh lebih rendah daripada hasil rata-rata negara maju seperti Amerika Serikat, negara-negara Eropa Barat, dan negara-negara Oseania yang mencapai 25 t ha<sup>-1</sup>. Hasil kentang maksimum di Australia dan California, Amerika Serikat, lebih dari 50 t ha<sup>-1</sup> dengan umur panen 120 hari dan kultivar yang ditanam adalah Delaware, Kennebec, dan Atlantic. Hasil kentang di daerah beriklim sedang dapat mencapai

30 sampai 40 t ha<sup>-1</sup> (Ridwan, 1980; Rukmana, 1997). Hasil budidaya secara intensif atau pada skala penelitian bisa mencapai 21 sampai 30 t ha<sup>-1</sup> (Rukmana, 1997).

Rendahnya hasil yang dicapai disebabkan oleh kebijakan program intensifikasi yang secara langsung atau tidak langsung memberikan dampak yang serius terhadap lingkungan, antara lain meningkatnya degradasi lahan *in situ* akibat erosi sehingga terjadi pencucian dan pengurasan hara, meningkatnya polusi lahan *ex situ* oleh limbah pupuk dan pestisida, dan meningkatnya serangan hama dan penyakit. Hal itu sejalan dengan tulisan Harwood (1991) yang dikutip oleh Swift dan Woomer (1993) bahwa revolusi hijau telah menurunkan kualitas sumberdaya lahan akibat pemakaian pupuk dan pestisida serta pengolahan lahan secara mekanis.

Penggunaan pupuk kimia berkadar hara tinggi seperti Urea, ZA, TSP atau SP-36, dan KCl tidak selamanya menguntungkan karena dapat menyebabkan lingkungan menjadi tercemar jika tidak menggunakan aturan yang semestinya. Pemupukan dengan pupuk kimia hanya mampu menambah unsur hara tanah tanpa memperbaiki sifat fisika dan biologi tanah, bahkan dapat menimbulkan dampak negatif terhadap tanah. Dekkers dan van der Werff (2001) menambahkan bahwa penggunaan pupuk sintetis yang tinggi pada tanah akan mendorong hilangnya hara, polusi lingkungan, dan rusaknya kondisi alam.

Dengan penerapan bioteknologi, sumberdaya alam diharapkan akan tetap terpelihara. Oleh karena itu, berkembang berbagai pemikiran dan upaya diarahkan pada perubahan dari sistem pertanian yang berdampak negatif terhadap

lingkungan yang harus dihindarkan ke sistem pertanian berkelanjutan dan berwawasan lingkungan

Alternatif untuk mempertahankan dan meningkatkan kesuburan tanah serta menghindari dampak yang merugikan dari penggunaan zat kimia adalah pemberian pupuk organik kotoran ternak dan pupuk organik lainnya hasil fermentasi yang dikenal dengan porasi dan pemberian inokulan bakteri *Azospirillum* sp. yang selain dapat memperbaiki struktur tanah dan potensinya sebagai penyimpan dan penyedia hara utama di dalam tanah, antara lain N, P, dan K, serta unsur mikro bagi tanaman, juga dapat berperan dalam pengamanan lahan, di samping pemberian pupuk N.

Pemanfaatan bahan organik sangat penting dalam memperbaiki sifat-sifat fisika, kimia, dan biologi tanah (Buckman dan Brady, 1990; dan Sanchez, 1992). Ditambahkan oleh Roechan *dkk.* (1997) bahwa selain mampu memperbaiki sifat fisika dan biologi tanah, bahan organik juga berperan sebagai penyumbang unsur hara serta meningkatkan efisiensi pemupukan dan serapan hara oleh tanaman.

Penggunaan pupuk organik, baik jenis maupun takarannya, telah banyak diteliti, tetapi akhir-akhir ini telah banyak dikembangkan pupuk organik kotoran ternak dan pupuk organik lainnya hasil fermentasi yang dikenal dengan nama porasi dan efeknya belum banyak diteliti. Pupuk organik kotoran ternak difermentasi (porasi) diberi inokulan kultur mikroorganisme tertentu yang diproduksi oleh sebuah perusahaan. Dalam kultur mikroorganisme komersial itu terdapat bakteri yang dapat mempercepat fermentasi bahan organik, bakteri pelarut P, dan bakteri pemfiksasi N. Dengan demikian, mikroba yang terdapat

dalam kultur mikroorganismenya itu mampu memfermentasi bahan organik dalam waktu cepat dan menghasilkan senyawa organik seperti protein, gula, asam laktat, asam amino, alkohol, dan vitamin dimana dalam waktu yang sangat cepat berubah menjadi senyawa anorganik yang mudah tersedia bagi tanaman. Selanjutnya dinyatakan bahwa pemberian porasi bermanfaat bagi tanaman dalam menyediakan unsur N, P, K, dan sulfur, memperbesar KTK tanah, dan meningkatkan kelarutan P tanah, suatu unsur yang termasuk hara esensial bagi tanaman (Priyadi, 1999)..

Menurut Elkan (1988), pupuk N telah diproduksi hampir 60 juta ton per tahun, akan tetapi fiksasi N secara biologis pada berbagai lingkungan, termasuk laut, diperkirakan jauh lebih besar, yaitu sekitar 175 juta ton. Besarnya fiksasi N tersebut diimbangi dengan besarnya konsumsi karbohidrat oleh fiksasi N secara biologis yang diperkirakan satu sampai dua juta ton per tahun. Artinya, fiksasi N secara biologis sangat berpeluang dimanfaatkan dalam upaya untuk meningkatkan efisiensi pemakaian pupuk N.

Nitrogen hayati hasil kegiatan bakteri *Rhizobium* sp. dalam budidaya tanaman kacang-kacangan telah banyak diteliti, namun informasi tentang jenis bakteri fiksasi N pada tanaman sayuran, khususnya kentang, masih sangat terbatas. Genus *Azospirillum* sp. merupakan salah satu bakteri yang dapat memfiksasi N yang hidup bebas di alam dan ditemukan berasosiasi dengan tanaman pertanian penting seperti jagung, gandum, padi, dan rumput-rumputan.

Katupitiya dan Vlassak (1990) menyimpulkan bahwa berdasarkan hasil percobaan inokulasi di lapangan dengan *Azospirillum* sp. dari seluruh dunia yang

dikumpulkan selama 20 tahun, bakteri *Azospirillum* sp. mampu memacu peningkatan hasil pertanian penting pada kondisi tanah dan iklim yang berbeda dan secara statistik nyata meningkatkan hasil 30 sampai 50 %. Kemampuan fiksasi N oleh bakteri yang hidup di sekitar akar tanaman akan berkurang jika N dalam tanah tinggi. Hasil penelitian pada tanaman sorgum di lapangan menunjukkan bahwa dengan pemberian pupuk N dosis tinggi, yaitu 200 kg ha<sup>-1</sup> N, ternyata aktivitas bakteri yang mengandung enzim nitrogenase sama sekali dihambat.

Kemampuan setiap isolat *Azospirillum* sp. dalam penambatan N<sub>2</sub> berbeda-beda. Hasil penelitian Djazuli *dkk.* (1992) menunjukkan bahwa pemberian pupuk N hayati *Azospirillum* sp., baik berupa isolat 102 maupun isolat 201, mampu menaikkan bobot umbi dengan nyata pada ubi jalar klon lokal Jitok, namun tidak nyata pengaruhnya pada ubi jalar klon BIS 183 dan BIS 182-21.

Hara N yang berasal dari Urea dan ZA merupakan hara makro utama bagi tanaman selain P dan K dan seringkali menjadi faktor pembatas dalam produksi tanaman. Menurut Gardner *dkk.* (1991), defisiensi N membatasi pembesaran sel dan pembelahan sel. N berperan sebagai bahan penyusun klorofil dan asam amino, pembentuk protein, esensial bagi aktivasi karbohidrat, dan komponen enzim, serta menstimulasi perkembangan dan aktivitas akar serta meningkatkan penyerapan unsur-unsur hara yang lain (Olson dan Kurtz, 1982). Perkembangan hasil-hasil percobaan pemupukan pada tanaman kentang, mengungkapkan bahwa tanaman kentang memberikan tanggapan yang berbeda-

beda terhadap cara-cara pengelolaan pupuk buatan, baik yang menyangkut macam pupuk maupun dosis dan proporsi pemakaian pupuk yang diberikan.

Tanaman kentang memerlukan banyak N karena dapat memacu perpanjangan sel dan pertumbuhan vegetatif, memperbesar jumlah umbi, dan memperlambat saat inisiasi (Krauss dan Marschner, 1982) serta meningkatkan hasil dan kandungan protein umbi (Dubetz dan Bole, 1975). Berdasarkan hasil penelitian, Duaja (1995) mengemukakan bahwa untuk memperoleh hasil umbi kentang yang tinggi, diperlukan pupuk N antara 100 sampai 200 kg ha<sup>-1</sup>.

Salah satu masalah utama dalam penggunaan pupuk N adalah pemberian pupuk N yang berbeda sumber memberikan efek yang berbeda terhadap sifat fisika dan kimia tanah yang akan mempengaruhi pertumbuhan dan hasil tanaman kentang. Ditinjau dari segi efisiensi pemupukan N, ternyata kombinasi penggunaan Urea dan ZA masing-masing setengah dosis total N adalah terbaik dilihat dari produksi, mutu hasil umbi, dan serapan hara tanaman kentang pada tanah Andisols atau semacamnya (Suwandi dan Asandhi, 1986).

Luas Andisols di Indonesia diperkirakan 5.395.000 ha atau diperkirakan 2,9 % dari luas daratan yang terdapat di Sumatera, Jawa, Bali, Lombok dan Sulawesi (Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat (2000).

Andisols merupakan tanah yang subur dengan sifat fisik dan kimianya yang sesuai dengan kondisi tanah yang diperlukan oleh tanaman pertanian, yaitu gembur, ringan dan berpori, berwarna gelap, bertekstur sedang (lempung, lempung berdebu, dan lempung liat berdebu) terdapat di pegunungan dengan bercurah hujan sedang sampai tinggi. Namun dengan penggunaan lahan yang

terus menerus tanpa diimbangi dengan input produksi yang memadai dan pengelolaan yang tidak tepat akan menyebabkan produktivitas lahan menurun.

Menurut Inoue (1986) Andisols merupakan tanah yang sangat penting, tetapi juga merupakan tanah yang bermasalah dalam bidang pertanian dan kehutanan akibat rendahnya produktivitas tanah yang disebabkan oleh sifat-sifat kimia yang khas seperti retensi P yang tinggi, pencucian unsur basa dari tanah, dan sifat fisika yang khas, oleh karena itu untuk mempertahankan kesuburan Andisols dalam hal ini perlu dilakukan berbagai upaya untuk meningkatkan kesuburan tanah tersebut agar produktivitas lahan meningkat sehingga diharapkan hasil tanaman kentang meningkat, yaitu melalui pemberian pupuk organik difermentasi (porasi), dan pemberian inokulan *Azospirillum* sp. serta pemberian pupuk N yang sekaligus dilakukan di dua lokasi (Pangalengan dan Cisarua).

Dari uraian di atas dapat disimpulkan bahwa porasi hasil fermentasi bahan organik kotoran ayam dapat digunakan sebagai pupuk organik dan menyuburkan tanah serta meningkatkan pertumbuhan tanaman baik yang ditanam di Pangalengan maupun di Cisarua karena inokulan mikroorganisme yang diberikan pada bahan organik mengandung mikroba, yaitu *Lactobacillus* sp., bakteri pelarut P, ragi (khamir), dan *Azospirillum* sp. Penambahan *Azospirillum* sp. ke dalam tanah akan lebih meningkatkan lagi jumlah populasi mikroba, terutama *Azospirillum* sp. di dalam tanah. *Azospirillum* sp. merupakan bakteri yang dapat memfiksasi N di udara yang bersifat nonsimbiotik. Nitrogen yang diperlukan untuk pertumbuhan dan hasil tanaman kentang perlu ditambahkan dengan pemupukan N yang demi efisiensi lebih baik digunakan kombinasi jenis pupuk N

karena kemampuan fiksasi N oleh bakteri tergantung pada ketersediaan N di dalam tanah yang ditanam di dua lokasi (Pangalengan dan Cisarua).

## 1.2. Identifikasi dan Rumusan Masalah

Bertitik tolak dari uraian di atas, respons tanaman kentang terhadap pemberian pupuk organik difermentasi (porasi) bersama pemberian inokulan *Azospirillum* sp. dan pupuk N kombinasi berbagai jenis masih perlu dikaji karena efek interaksi di antara ketiga faktor itu terhadap tanaman kentang yang berpeluang besar bersifat sinergistik belum teruji. Kajian itu perlu dilakukan ditinjau dari pertumbuhan dan hasil tanaman kentang dan hubungan di antaranya, di samping hubungan antara komponen hasil dengan hasil. Penerapan teknologi budidaya itu berpeluang tidak hanya dapat menekan biaya produksi, memperbaiki kesuburan tanah, dan meningkatkan hasil tanaman, tetapi juga mengarah pada sistem pertanian berkelanjutan yang dapat menjamin kelestarian berusahatani. Di berbagai lokasi yang memiliki karakteristik lingkungan yang sama respons tanaman kentang terhadap faktor-faktor dalam teknologi budidaya itu juga berpeluang berbeda.

Masalah yang telah diidentifikasi tersebut di atas, dapat dirumuskan sebagai berikut:

- (1) bagaimanakah variasi karakteristik pertumbuhan, serapan hara, komponen hasil, dan hasil tanaman kentang yang diberi pupuk organik difermentasi (porasi) berbagai dosis tanpa atau dengan pemberian inokulan *Azospirillum* sp. dan pemberian pupuk N kombinasi berbagai jenis dengan berbagai dosis,

yang ditanam di lokasi yang berbeda tetapi memiliki karakteristik lingkungan yang sama;

- (2) tanpa atau dengan pemberian inokulan *Azospirillum* sp., bagaimanakah dan berapakah dosis optimum porasi dan pupuk N kombinasi berbagai jenis untuk mencapai hasil umbi tertinggi tanaman kentang yang ditanam di lokasi yang berbeda tetapi memiliki karakteristik lingkungan yang sama;

### **1.3. Maksud dan Tujuan Penelitian**

Penelitian telah dilaksanakan dengan maksud mengkaji respons tanaman kentang terhadap pemberian pupuk organik difermentasi (porasi) dengan takaran meningkat dan tanpa atau dengan pemberian inokulan *Azospirillum* sp. bersama pemberian pupuk N kombinasi dua jenis dengan berbagai dosis, yang ditanam di Pangalengan dan Cisarua, Kabupaten Bandung yang memiliki karakteristik lingkungan yang sama dengan maksud sebagai pengulangan (replikasi)..

Tujuan penelitian yang telah dilaksanakan adalah untuk memperoleh ketetapan mengenai dosis optimum pupuk organik difermentasi (porasi) dan pupuk N kombinasi berbeda jenis tanpa atau dengan pemberian inokulan *Azospirillum* sp. guna mencapai hasil umbi tertinggi tanaman kentang yang ditanam di lokasi yang berbeda tetapi memiliki karakteristik lingkungan yang sama

#### **1.4. Kegunaan Penelitian**

Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan sumbangan positif bagi pengembangan Ilmu Tanaman, khususnya Ekofisiologi Tanaman, dan Ilmu kesuburan tanah khususnya biofertilisasi karena hasil penelitian dapat memberikan kekayaan berbagai konsep fisiologi, nutrisi, dan ekologi sebagaimana terungkap dalam pertumbuhan dan hasil tanaman dan hubungan di antaranya serta Ilmu Kesuburan Tanah akibat rekayasa budidaya atau bioteknologi penambahan unsur hara dalam tanah dan tanaman. Dari segi praktis, hasil penelitian diharapkan dapat digunakan sebagai bahan pertimbangan pada program pengembangan dan peningkatan produksi kentang nasional dengan penerapan teknologi budidaya pertanian yang berwawasan lingkungan, yaitu dengan pemberian pupuk organik difermentasi (porasi) dan pemberian inokulan *Azospirillum* sp. di samping pemupukan N di dua lokasi yang memiliki karakteristik lingkungan yang sama.

#### **1.5. Kerangka Pemikiran**

Keterbatasan daya dukung tanah telah menyebabkan penambahan jumlah pemakaian pupuk yang tidak selalu diikuti dengan penambahan hasil yang proporsional. Beberapa tahun terakhir terjadi ketidakefisienan pemakaian pupuk kimia yang semakin meningkat. Pemakaian pupuk kimia terus-menerus dalam jangka panjang tanpa diimbangi dengan alternatif lain akan menghadapi kendala serius. Kendala tersebut antara lain terbatasnya deposit bahan bakar fosil yang digunakan untuk memproduksi pupuk kimia sehingga pada saat yang akan datang

pemakaian pupuk kimia secara ekonomis tidak lagi dapat dipertanggungjawabkan (Subba Rao, 1982). Selanjutnya pemakaian pupuk kimia yang terus-menerus dengan takaran tinggi mengakibatkan ketidakseimbangan hara sebagai salah satu kriteria merosotnya kesuburan tanah yang pada akhirnya menurunkan produksi tanaman dan meningkatkan serangan hama dan penyakit.

Alternatif tindakan untuk mengatasi hal di atas antara lain pendaurulangan unsur hara dan rekayasa mikrobiologis. Hal itu sejalan dengan yang dikemukakan oleh Elliot dan Miyashita (1990) bahwa pengkajian yang lebih banyak pada aspek biologi mikroorganisme dan pupuk biologi merupakan alternatif yang potensial untuk memecahkan masalah-masalah seperti berkurangnya sumberdaya alam, perlindungan lingkungan, produktivitas tanaman, yaitu dengan memperbaiki kondisi daerah perakaran, terutama rizosfer tanaman dan proses-proses yang terkait dalam penyerapan unsur hara. Hal itu dapat dilaksanakan dengan pemanfaatan bahan organik kotoran ternak (kotoran ayam) yang difermentasi dengan mikroorganisme tertentu, yaitu inokulan komersial M-Bio, yang disebut porasi, inokulasi mikroba terpilih seperti *Azospirillum* sp., dan pemberian pupuk N dengan dosis serendah-rendahnya yang telah diketahui mampu memenuhi sebagian kebutuhan hara tanaman, terutama hara N, P, dan K. Dengan demikian, mikroba yang diketahui menguntungkan tersebut diharapkan dapat menguasai komunitas mikroba tanah. Penguasaan komunitas itu penting karena dapat menghambat perkembangan mikroba yang tidak menguntungkan dan sekaligus mampu memanfaatkan seoptimal-optimalnya peran positif mikroba yang diinokulasikan.

Penggunaan pupuk organik sebenarnya sudah lama dilakukan para petani, namun dengan adanya pupuk kimia berkadar hara tertentu seperti Urea, ZA, TSP atau SP-36, dan KCl, perhatian terhadap peran pupuk organik sebagai penyubur tanah semakin berkurang karena proses dekomposisi bahan organik berlangsung relatif lama. Pemberian bahan organik yang belum matang dapat berakibat negatif pada tanaman karena dalam proses tersebut akan dikeluarkan gas dan panas selain bahan organik yang belum matang itu mengandung mikroorganisme patogen. Kenyataan itulah yang sering dijadikan alasan mengapa bahan organik tidak banyak digunakan oleh petani sebagai pupuk.

Bahan organik diketahui dapat memperbaiki sifat kimia, fisika, dan biologi tanah. Kandungan bahan organik yang rendah di dalam tanah merupakan salah satu kendala dalam penyediaan air, udara, dan unsur hara bagi tanaman sehingga menghambat pertumbuhan dan mengurangi hasil tanaman. Sebaliknya, kandungan bahan organik dalam tanah yang cukup tinggi akan membuat kondisi tanah menjadi kondusif untuk pertumbuhan akar tanaman. Dengan demikian, serapan hara oleh tanaman, baik yang berasal dari tanah maupun yang berasal dari pupuk, lebih efektif sehingga pertumbuhan dan hasil tanaman lebih baik dan penggunaan pupuk lebih efisien. Hal itu sangat penting terutama untuk tanaman kentang mengingat tanaman kentang menghasilkan umbi di dalam tanah. Jadi, tanaman kentang menghendaki tanah yang subur dan gembur untuk pembentukan dan perkembangan umbinya.

Salah satu usaha untuk memanfaatkan bahan organik sebagai sumber energi utama bagi pertumbuhan tanaman adalah pemberian pupuk organik

difermentasi (porasi), yaitu pupuk organik kotoran ternak (salah satu di antara kotoran ternak itu adalah kotoran ayam) karena porasi didominasi oleh mikroorganisme yang menguntungkan sehingga mikroorganisme patogen kalah bersaing. Bahan organik merupakan sumber utama energi bagi aktivitas jasad renik tanah. Oleh karena itu, inokulan produk komersial seperti M-Bio akan lebih efektif perannya jika disertai dengan penambahan bahan organik.

M-Bio yang diproduksi oleh sebuah perusahaan<sup>1)</sup> merupakan kultur campuran dari mikroorganisme asli Indonesia yang menguntungkan seperti ragi, *Lactobacillus* sp., bakteri pelarut fosfat, dan *Azospirillum* sp. Bahan tersebut diaplikasikan sebagai inokulan untuk meningkatkan keragaman dan populasi dalam transformasi dan daur ulang berbagai hara serta produksi senyawa atau metabolit yang dapat mendukung pertumbuhan tanaman. Kultur campuran mikroorganisme yang terdapat dalam M-Bio bekerja secara sinergi untuk memfermentasi bahan organik, baik bahan organik yang terdapat di dalam tanah maupun bahan organik yang telah tersedia. Berbagai keuntungan menggunakan bahan organik serta fungsi beberapa mikroorganisme tersebut akan menciptakan media tumbuh tanaman yang baik sehingga menampilkan pertumbuhan dan hasil tanaman yang baik pula.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa tanaman caisin yang diberi porasi kotoran domba sampai  $15 \text{ t ha}^{-1}$  menghasilkan caisin sebesar 39 sampai  $47 \text{ t ha}^{-1}$  bobot bersih. Pemberian porasi tersebut menghasilkan caisin dengan bobot

---

1) P.T. Hayati Lestari Indonesia. Menyebut nama produk dan perusahaan yang memproduksinya tidak berarti merupakan anjuran penggunaan produk itu.

bersih yang lebih tinggi daripada pemberian pupuk NPK sesuai dengan anjuran yang hanya mencapai  $27,42 \text{ t ha}^{-1}$  (Priyadi, 1998). Ditambahkan oleh Priyadi dan Hodiayah (2001) bahwa pemberian porasi kotoran domba 10 sampai  $12,5 \text{ t ha}^{-1}$  menyebabkan bobot umbi kentang kultivar Granola per petak tertinggi.

Alternatif lain untuk mengurangi pemberian pupuk kimia, terutama pupuk N (efisiensi pemakaian N), adalah memanfaatkan mikroba tertentu. Djazuli *dkk.* (1992) menjelaskan bahwa penggunaan pupuk N hayati dapat mengurangi pemakaian pupuk N anorganik yang bersifat tidak dapat diperbaharui (*unrenewable*) dan merupakan sumber pencemaran lingkungan dan merugikan petani. Pupuk N anorganik yang berlebihan juga dapat menyebabkan rebahnya tanaman, pematangan yang terlambat, dan tanaman menjadi peka terhadap serangan hama dan penyakit. Mikroba yang mendapat perhatian besar saat ini adalah bakteri *Azospirillum* sp. (*Azospirillum lipoferum* dan *Azospirillum brasilense*) yang mempunyai potensi dalam meningkatkan kandungan N dan produktivitas tanaman. Diketahui bahwa *Azospirillum* sp. mempunyai kemampuan menambat N udara yang jauh lebih besar daripada mikroba penambat N yang hidup bebas lainnya.

Berdasarkan pengamatan tentang distribusi ekologi *Azospirillum* sp. pada penelitian-penelitian yang sudah dilakukan dapat disimpulkan bahwa bakteri tersebut dapat hidup dengan baik di daerah tropis dan subtropis dan dapat hidup bebas pada semua jenis tanah, termasuk Andisols, dan pada semua jenis tanaman. *Azospirillum* sp. merupakan bakteri penambat N yang hidup bebas (*free living* atau *nonsymbiotic*), namun ditemukan berasosiasi dengan tanaman

pertanian penting seperti jagung, padi, gandum, dan rumput-rumputan lainnya. Hegazi *dkk.* (1979) dari Mesir melaporkan bahwa *Azospirillum lipoferum* berasosiasi dengan berbagai jenis tanaman, yaitu: *Saccharum officinarum* L. dan *Glycine max* L. Merr. (*Leguminoceae*), *Trifolium alexandrium* L., *Dendrocalamus* sp., dan *Zea mays* (*Gramineae*), *Gossypium barbadense* L. dan *Hibiscus esculentum* L. (*Malvaceae*), *Chorchorus olerius* L. (*Tiliaceae*), *Lycopersicum esculentum* L. (*Solanaceae*), dan *Raphanus sativus* L. (*Cruciferae*). Asosiasi itu dapat menghemat pemakaian pupuk N pada berbagai jenis tanaman tersebut. Hasil percobaan mengenai tanaman jagung di lima lokasi di Filipina memperlihatkan adanya peningkatan hasil sebanyak 5 sampai 48% dengan inokulasi bakteri *Azospirillum* sp. dan kebutuhan pupuk N berkurang sebanyak 33 sampai 66% (Cosico *dkk.*, 1991). Penelitian inokulasi bakteri itu pada tanaman kentang belum banyak diteliti, khususnya di Indonesia.

Di samping perannya secara langsung dalam meningkatkan kandungan N tanaman, Reynders dan Vlassak (1979) juga melihat *Azospirillum* sp. ternyata mampu menghasilkan fitohormon yang berpengaruh lebih besar terhadap pertumbuhan tanaman daripada N yang disumbangkan. Kemudian mereka juga mengamati terjadinya perubahan triptofan menjadi asam indol asetat (IAA atau auksin) pada kultur murni *Azospirillum brasilense*. *Azospirillum* sp. dapat meningkatkan luas perakaran karena meningkatnya jumlah rambut akar yang disebabkan oleh adanya pemusatan asam indol asetat (IAA) dan asam indol butirat (IBA) bebas di daerah perakaran (Fallik *dkk.*, 1988).

Cosico *dkk.* (1991) menyimpulkan bahwa bakteri dari genus *Azospirillum* dapat membentuk koloni pada akar tanaman dan rumput dan meningkatkan perkembangan akar rumput dan percabangannya, pengambilan N, P, dan K serta unsur hara lainnya, status air tanaman, dan penimbunan bahan kering dan hasil biji.

Akar tanaman kelompok C<sub>4</sub> seperti jagung, sorgum, dan tanaman rumput-rumputan secara istimewa dikolonisasi oleh *Azospirillum lipoferum*, sedangkan akar tanaman kelompok C<sub>3</sub> seperti gandum, padi, dan *oats* umumnya dikolonisasi oleh *Azospirillum brasilense* (Rocha *dkk.*, 1981).

Dijelaskan oleh Reinhold *dkk.* (1985) bahwa sifat kemotaksis *strain* bakteri *Azospirillum* sp. menunjukkan adanya *strain* yang spesifik dan telah menyesuaikan diri dengan eksudat akar tanaman inang. Dengan demikian, kemampuan tiap-tiap isolat atau *strain* *Azospirillum* sp. dalam menambat N<sub>2</sub> berbeda-beda karena sumber karbon yang digunakan untuk pertumbuhannya berbeda-beda.

Menurut Djazuli *dkk.* (1992), inokulasi campuran dua isolat *Azospirillum* sp. tampak lebih besar pengaruhnya terhadap peningkatan produktivitas ubi jalar dibandingkan dengan isolat tunggal. Berdasarkan hasil penelitian Gunarto (1994), pemberian isolat *Azospirillum* sp. Az 15 dan Az 44 masing-masing menyebabkan tinggi tanaman 55 cm dan 51 cm, bobot kering akar 0,42 g pot<sup>-1</sup> dan 0,28 g pot<sup>-1</sup>, bobot kering jerami 0,43 g pot<sup>-1</sup> dan 0,57 g pot<sup>-1</sup>, dan serapan hara N 16,66 mg pot<sup>-1</sup> dan 13,27 mg pot<sup>-1</sup> pada tanaman padi umur 47 hari setelah tanam. Gunarto *dkk.* (2001) menggunakan campuran isolat dengan kode Az 7, Az 15, dan Az 44

pada lahan sawah dengan penambahan bahan organik dan *Azospirillum* sp. ternyata menghasilkan bobot kering gabah tertinggi dibandingkan dengan menggunakan isolat Az 7, Az 15, dan Az 44 masing-masing secara tunggal.

Nitrogen merupakan salah satu unsur hara yang diperlukan dalam jumlah yang banyak, namun penggunaan pupuk N yang berlebihan dapat berbahaya bagi kesehatan dan lingkungan. Lebih lanjut Newbould (1989) menjelaskan bahwa penggunaan pupuk N anorganik yang berlebihan dan tidak terkendali dapat mencemari lingkungan dan merugikan petani. Pemberian pupuk N juga dapat menyebabkan rebahnya tanaman, pematangannya terlambat, dan tanaman menjadi peka terhadap serangan hama dan penyakit. Selain itu, pupuk N dapat pula meningkatkan kadar nitrat air irigasi dan sungai kalau diberikan secara berlebihan. Bagi manusia, tingginya kadar nitrat atau nitrit dalam tubuh dapat menyebabkan methemoglobinemia dan penyakit kanker lambung (Newbould, 1989). Memang di antara berbagai unsur hara, N paling banyak diperlukan karena dapat meningkatkan pertumbuhan dan hasil tanaman kentang, yaitu memacu perpanjangan sel dan pertumbuhan vegetatif, memperbesar jumlah umbi, mengundurkan saat inisiasi, serta meningkatkan hasil dan kandungan protein umbi (Dubetz dan Bole, 1975).

Menurut Kleinkopf *dkk.* (1981), N yang terlalu rendah menghasilkan umbi dalam timbangan yang rendah dan ukuran umbi yang kecil, tetapi N yang terlalu tinggi juga dapat mengurangi hasil dan mutu umbi. Selain itu, pemberian N dengan dosis tinggi menyebabkan ratio ABA dan GA menjadi rendah sehingga tuberisasi tidak terjadi. Sebaliknya, pemberian N dosis rendah mengakibatkan

ratio ABA dan GA tinggi sehingga tuberisasi terjadi. Dijelaskan oleh Krauss dan Marschner (1982) bahwa tuberisasi terjadi karena adanya keseimbangan antara ABA dengan GA yang merupakan sistem pengaturan utama.

Tanaman kentang diperkirakan membutuhkan  $200 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N}$ . Menurut van der Zaag (1981), untuk hasil umbi  $20 \text{ t ha}^{-1}$  diperlukan  $200 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N}$ . Nitrogen seberat itu sesuai dengan  $10 \text{ kg N}$  untuk menghasilkan setiap ton hasil. Menurut Asandhi (1991), rekomendasi pemupukan untuk kentang  $150$  sampai  $200 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N}$ ,  $120$  sampai  $150 \text{ kg ha}^{-1} \text{ P}$ , dan  $100 \text{ kg ha}^{-1} \text{ K}$ . Duaja (1995) menunjukkan bahwa untuk memperoleh hasil umbi kentang yang tinggi, diperlukan pupuk N antara  $100$  sampai  $200 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N}$ .

Sumber pupuk N anorganik yang umum digunakan adalah Urea atau  $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$  dan ZA atau  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ . Urea merupakan persenyawaan yang mengandung zat hara N yang tinggi (46%) dan termasuk pupuk yang mudah larut dalam air (higroskopis) dan mudah diserap oleh tanaman. Namun, pupuk Urea menunjukkan sifat buruk karena jika diberikan ke tanah akan mudah berubah menjadi amoniak dan karbondioksida yang merupakan gas yang mudah menguap, mudah tercuci oleh air sebelum diserap oleh akar tanaman. Untuk mengantisipasi keburukan, pupuk Urea dikombinasikan dengan ZA sekaligus sebagai sumber pupuk N.

Pupuk ZA dibuat dari gas amoniak dan gas belerang. Persenyawaan kedua zat tersebut menghasilkan pupuk ZA yang mengandung N 20,5 sampai 21%, bersifat sedikit higroskopis. Menurut Hilman *dkk.* (1993, dalam Widyastuti, 1996), pupuk N dalam bentuk ammonium sulfat (ZA) yang diberikan

ke dalam tanah pertama-tama akan dijerap (adsorpsi) oleh kompleks koloid tanah dan bentuk N ( $\text{NH}_4^+$ ) cenderung tidak hilang dan tercuci air, sedangkan Urea dapat segera larut dalam air. Selain itu, pemberian pupuk N (ZA), di samping menyumbangkan unsur N juga menyumbangkan sulfat ( $\text{SO}_4^-$ ) yang berperan di dalam meningkatkan kualitas umbi.

Penyediaan N dari sumber yang berbeda (Urea dan ZA) yang cukup seimbang serta dosis pemupukan yang tepat merupakan hal penting yang perlu dipecahkan dalam usaha meningkatkan produksi kentang sehingga pemberian pupuk Urea bersama ZA diharapkan memberikan pengaruh yang nyata terhadap kualitas umbi (Subhan dan Asandhi, 1998).

Rata-rata hasil umbi kentang yang tinggi dengan tingkat kerusakan umbi terendah dapat dicapai melalui pemupukan amonium sulfat (ZA) setara dengan  $100 \text{ kg ha}^{-1}\text{N}$  bersama pemupukan TSP setara dengan  $120 \text{ kg ha}^{-1}\text{P}$  dan KCl setara dengan  $100 \text{ kg ha}^{-1}\text{K}_2\text{O}$  yang diaplikasikan sekaligus pada saat tanam. Akan tetapi, ditinjau dari segi efisiensi pemupukan N, ternyata kombinasi penggunaan pupuk Urea dan ZA masing-masing setengah dosis total N tersebut terbukti baik dilihat dari produksi, mutu hasil umbi, dan serapan hara tanaman kentang pada tanah Andisol atau tanah yang sejenis (Suwandi dan Asandhi, 1986, dalam Suwandi *dkk.*, 1989).

Bertitik tolak dari uraian di atas, baik di Pangalengan maupun di Cisarua dapat dijelaskan hubungan di antara efek penggunaan bahan organik kotoran ayam ditambah M-Bio (porasi), *Azospirillum* sp., dan pupuk N (Urea dan ZA) pada tanaman kentang bersifat sinergistik. Tanaman akan tumbuh jauh lebih baik

dan memberikan hasil yang jauh lebih tinggi jika sifat fisika, kimia, dan biologi tanah jauh lebih baik. Dengan demikian, unsur hara yang diperlukan tersedia jauh lebih cukup dapat diserap oleh akar tanaman.

Penggunaan bahan organik ditambah M-Bio (porasi) dapat memperbaiki sifat fisika, kimia, dan biologi tanah. Porasi mengandung berbagai mikroba yang efektif untuk membantu dan mempercepat proses pelepasan senyawa dari bahan organik (mineralisasi) berupa asam-asam organik dan hormon yang berguna bagi pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Porasi merupakan sumber energi dan karbon atau sebagai substrat bagi *Azospirillum* sp. di samping itu porasi dapat memperbaiki sifat fisika, kimia, dan biologi tanah untuk menunjang pertumbuhan tanaman kentang. *Azospirillum* sp. diberikan lagi karena *Azospirillum* yang terdapat di dalam M-Bio populasinya masih sedikit ( $10^2$  CFU ml<sup>-1</sup>) sehingga masih perlu diberikan lagi inokulan *Azospirillum* sp. sebanyak  $10^8$  CFU ml<sup>-1</sup>. *Azospirillum* sp. dapat menginduksi atau menstimulir aktivitas mikroorganisme lain yang menguntungkan seperti mikroorganisme yang terdapat di dalam M-Bio di samping itu, penggunaan *Azospirillum* sp. dapat memfiksasi N di udara sehingga meningkatkan N tersedia untuk pertumbuhan tanaman. Pupuk N tetap diberikan karena N dari porasi dan *Azospirillum* sp. belum mencukupi kebutuhan tanaman. *Azospirillum* sp. juga dapat bekerja efektif jika tersedia N sebagai sumber nutrisi (sebagai stater) untuk pertumbuhan dan perkembangannya. Kandungan N dalam tanah akan mempengaruhi fiksasi N oleh *Azospirillum* sp. dan N yang tinggi dalam tanah akan mengurangi kemampuan fiksasi N oleh bakteri yang hidup di sekitar perakaran tanaman.

Dengan demikian, pemberian porasi kotoran ayam dengan takaran meningkat akan menurunkan penggunaan pupuk N dan meningkatkan aktivitas nitrogenase oleh bakteri *Azospirillum* sp. yang pada gilirannya akan mempengaruhi pertumbuhan dan hasil tanaman kentang.

Penggunaan porasi kotoran ayam dan *Azospirillum* sp. diharapkan dapat menggantikan atau mengurangi penggunaan pupuk kimia (pupuk N, baik Urea maupun ZA) selain dapat memperbaiki sifat fisika, kimia, dan biologi tanah dan diharapkan juga agar tetap terjaga sistem pertanian yang berkelanjutan.

## 1.6. Hipotesis

Berdasarkan kerangka pemikiran di atas, dapat dirumuskan hipotesis sebagai berikut:

- (1) variasi karakteristik pertumbuhan, serapan hara, komponen hasil, serta hasil tanaman kentang yang diberi porasi berbagai dosis menunjukkan perbedaan antara yang tidak diberi dengan yang diberi *Azospirillum* sp. dan di antara yang diberi pupuk N kombinasi dua jenis dengan berbagai dosis, yang ditanam di dua lokasi yang berbeda yang memiliki karakteristik lingkungan yang sama;
- (2) tanpa atau dengan pemberian *Azospirillum* sp. dapat ditentukan satu dosis optimum tertentu porasi dan pupuk N kombinasi dua jenis untuk mencapai hasil umbi tertinggi tanaman kentang yang ditanam di dua lokasi yang berbeda yang memiliki karakteristik lingkungan yang sama.

