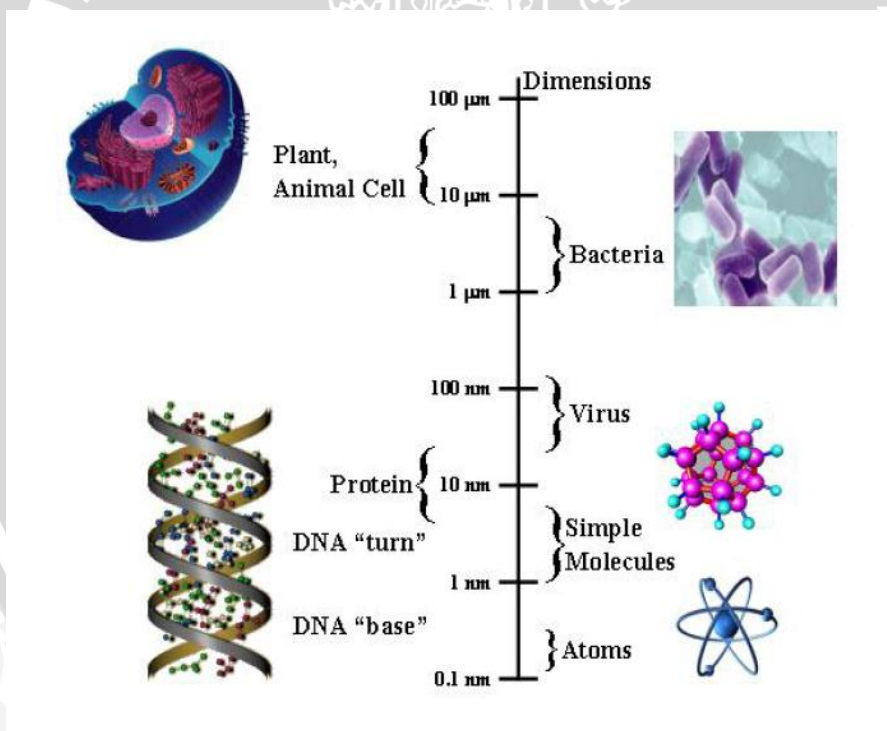


I. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Nanoteknologi

Kata “nano” berasal dari bahasa latin yang berarti sesuatu yang sangat kecil (*dwarf*) atau sepermilyar dari suatu benda (10^{-9} μm). Kalau selama ini kita mengenal istilah *micro scale* sebagai ukuran terkecil, namun sekarang kemajuan ilmu pengetahuan sudah membawa kita ke dunia *nano scale*. Sebagai gambaran, ukuran sehelai rambut manusia ialah sekitar 80.000 - 100.000 nano dan sebuah virus rata-rata berukuran 100 nano. Sehingga teknologi nano dapat di definisikan sebagai sebuah ilmu yang berhubungan dengan benda-benda dengan ukuran 1 hingga 100 nm, memiliki sifat yang berbeda dari bahan asalnya dan memiliki kemampuan untuk mengontrol atau memanipulasi dalam skala atom (Kuzma dan Verhage, 2006).



Gambar 1. Skala dan Ukuran Logaritmik Beberapa Level Struktur (Kuzma dan Verhage, 2006).

Dalam bidang pertanian, teknologi nano disebut dapat bermanfaat dalam banyak hal antara lain dapat meningkatkan efisiensi penggunaan pupuk. Teknologi nano menghasilkan pupuk-pupuk berukuran nano (*nano fertilizer*) baik dalam bentuk bubuk (*nano powder*) maupun cair (*nano liquid*). Penggunaan pupuk nano

yang berukuran kecil ($1 \text{ nm} = 10^{-9} \mu\text{m}$) memiliki keunggulan lebih reaktif, langsung mencapai sasaran atau target karena ukurannya yang halus, serta hanya dibutuhkan dalam jumlah kecil (Widowati, 2011).

Ukuran partikel yang kecil diharapkan dapat memberikan hasil panen yang optimal dengan hanya mengaplikasikan sejumlah kecil pupuk. Dengan demikian, penggunaan pupuk akan sangat efisien, efektif dan dapat menurunkan biaya produksi. Didasarkan pada keunggulan-keunggulan tersebut maka pupuk nano diharapkan dapat menjadi terobosan teknologi peningkatan produksi pertanian (Anane, 2008).

Berdasarkan uraian di atas, muncul gambaran bahwa teknologi nano akan sangat bermanfaat dalam membantu mempercepat pertumbuhan produksi pangan di Indonesia dan negara-negara berkembang lainnya. Penggunaan sejumlah kecil atau beberapa tetes pupuk nano berbentuk cairan dilaporkan dapat meningkatkan produksi pangan dibandingkan dengan teknologi pertanian saat ini. Dalam beberapa tulisan ilmiah populer di bidang pertanian, teknologi nano ialah sebuah revolusi kedua di bidang pertanian setelah revolusi hijau (*GR Technology*) yang memelopori peningkatan produktivitas bahan pangan terutama padi dengan pemupukan, perbaikan sistem pengairan, pengembangan varietas produksi tinggi serta penggunaan pestisida untuk pengendalian hama dan penyakit tanaman (Husnain, 2010).

Terdapat dua metode pembuatan material berukuran nano, yakni *Top-Down* dan *Bottom-Up*. Metode *top-down* dilakukan dengan cara memecah partikel dari ukuran besar ke ukuran yang lebih kecil secara mekanis hingga pada level atom. Pemecahan partikel dapat dilakukan baik secara fisik maupun kimia dengan menggunakan bantuan alat-alat tertentu seperti *mechanical milling* dan *ion implantation*. Pembuatan material nano yang lebih sederhana dan murah ialah dengan menggunakan pendekatan *bottom-up*, cara ini dilakukan dengan membangun sistem material kompleks dengan menggabungkan material sederhana dari ukuran atom atau dengan kata lain berkebalikan dengan metode *top-down* (Warad, 2012).

2.2. Tanaman bayam merah (*Alternanthera amoena* Voss)

Tanaman bayam merah (*Alternanthera amoena* Voss) merupakan tanaman yang berasal dari Amerika dan mulai dikembangkan di Indonesia sejak awal abad ke-19 (Sutarno, 1994). Bayam merah dapat dikembangkan di Indonesia karena adanya kesesuaian iklim, cuaca dan tanah untuk pertumbuhan tanaman tersebut. Selain itu, dapat tumbuh baik di tempat yang bersuhu panas maupun bersuhu dingin, sehingga dapat diusahakan dari dataran rendah maupun dataran tinggi (Rismunandar, 1975). Bayam merah akan tumbuh baik pada ketinggian 5 – 2000 m dari permukaan laut (Hasanuddin, 1998). Medium tanam yang baik untuk tanaman bayam merah ialah yang banyak mengandung humus dan lebih menyukai tanah yang gembur (Dewan Redaksi Penerbit Bhratara, 1974).

Bayam merah merupakan tanaman sayuran yang termasuk dalam famili *Amaranthaceae*. Keluarga *Amaranthaceae* memiliki sekitar 60 *genus*, terbagi dalam sekitar 800 spesies bayam (Grubben, 1976). Secara morfologis, bayam merah mempunyai daun yang berbentuk bulat telur yang ujungnya agak meruncing dan berwarna kemerahan di bagian tepi dan bagian tengah daun. Batang tumbuh tegak, tebal, berdaging dan banyak mengandung air (*herbaceus*), tumbuh tinggi di atas permukaan tanah. Selain itu mempunyai bunga yang tersusun dalam malai yang tumbuh tegak, keluar dari ujung tanaman ataupun dari ketiak-ketiak daun. Sedangkan bentuk akar pada bayam merah berupa akar tunggang yang menyebar dangkal pada kedalaman antara 20-40 cm (Bandini dan Azis, 2004).



Gambar 2. Tanaman Bayam Merah (*Alternanthera amoena* Voss.)

Bayam merah merupakan sayur yang kaya akan nutrisi, sehingga banyak dikonsumsi oleh konsumen sebagai sayuran penyeimbang gizi makanan (Soedijanto dan Warsito, 1977). Adapun kandungan gizi pada tanaman bayam merah (*Alternanthera amoena* Voss) ialah sebagai berikut :

Tabel 1. Kandungan Zat Gizi per 100 gram Bayam Merah (Departemen Kesehatan Republik Indonesia, 1998)

Zat gizi	Jumlah Nutrisi per 100 g
Kalori	51,0 KL
Karbohidrat	5,4 g
Protein	4,6 g
Lemak	0,5 g
Vitamin A	5.800,0 S.I
Vitamin B1	0,1 mg
Vitamin E	1,7 mg
Vitamin C	26 mg
Folat	150 mcg
Kalsium	368 mg
Fosfor	111,0 mg
Zat besi	2,2 mg

Tanaman bayam merah termasuk salah satu jenis tanaman yang mampu bertahan hidup pada daerah dengan curah hujan tinggi, sehingga dapat ditanam sepanjang tahun, sedangkan pada musim kemarau penyiraman dilakukan secara teratur (Soeseno, 1984). Tanaman ini cocok bila ditanam pada awal musim penghujan. Tanah yang cocok untuk ditanami ialah tanah gembur, banyak mengandung humus, subur, serta pembuangan airnya baik. Derajat kemasaman (pH) tanah yang optimum untuk pertumbuhannya ialah antara pH 6 – 7 (Susila, 2006).

Pemanenan bayam merah harus memperhatikan umur panen dan cara panennya. Tinggi tanaman yang baik saat panen antara 20-30 cm dan belum berbunga, pada bayam merah panen dilakukan mulai umur 30 hari setelah tanam. Tanaman yang sudah berumur 35 hari harus dipanen seluruhnya, karena apabila melampaui umur tersebut kualitas hasil panen tanaman akan menurun atau rendah, daun bayam menjadi kasar dan tanaman telah berbunga. Waktu panen yang baik ialah pagi dan sore hari, saat suhu udara tidak terlalu tinggi (Akhda, 2009). Bayam

merah dipanen dengan cara mencabut seluruh bagian tanaman dengan memilih tanaman yang sudah optimal. Selain itu ada juga yang langsung memetik daunnya satu per satu hal ini dimaksudkan agar tanaman bisa tahan lama (Hasanuddin, 1998).

Sayur merupakan komoditi yang memiliki perputaran nilai di pasaran sangat tinggi, karena dibutuhkan sehari-hari dan permintaannya cenderung meningkat (Ambarwati dan Susilorini, 2003). Dalam beberapa kasus, produksi tanaman sayur di Indonesia tidak dapat memenuhi permintaan pasar dan produksi dalam beberapa tahun terakhir cenderung turun. Hal ini ditunjukkan oleh tabel data produksi beberapa jenis sayur di Indonesia hingga tahun 2014 yang tersaji pada Tabel 2.

Tabel 2. Total Produksi Sayur Nasional (Badan Pusat Statistik, 2015)

Tahun	Bawang Daun [Ton]	Kubis [Ton]	Sawi [Ton]	Kangkung [Ton]	Bayam [Ton]
2009	549382	1358136	562861	360547	173776
2010	541374	1385044	583770	350879	152334
2011	526774	1363741	580969	355466	160513
2012	596824	1450046	594934	320144	155118
2013	579973	1480625	635728	308477	140980
2014	577217	1432266	597675	312412	130700

Pusat penanaman bayam di Indonesia ialah Jawa Barat (4.273 hektar), Jawa Tengah (3.479 hektar), dan Jawa Timur (3.022 hektar). Propinsi lainnya berada pada kisaran luas panen antara 13.0 - 2.376 hektar. Di Indonesia total luas panen bayam mencapai 31.981 hektar atau menempati urutan ke-11 dari 18 jenis sayuran komersial yang dibudidayakan dan dihasilkan oleh Indonesia (Bangfad, 2012).

Unsur nitrogen (N) sangat penting bagi tanaman bayam merah. Nitrogen diperlukan dalam pembentukan dan pertumbuhan vegetatif tanaman seperti daun, batang dan akar (Tafajani, 2011). Nitrogen merupakan komponen protein yang berguna untuk menyusun protoplasma dalam sel. Selain itu unsur ini merupakan komponen pembentukan klorofil yang terdapat di dalam sel, sehingga akan mempengaruhi pembentukan karbohidrat (Sunaryono, 2003). Kekurangan nitrogen akan menyebabkan kecepatan pertumbuhan tanaman terganggu. Secara keseluruhan tanaman bayam merah yang kekurangan unsur N pertumbuhannya

akan terhambat (kerdil), terjadi klorosis pada daun muda yang diikuti nekrosis dan gugur. Tanaman bayam akan menunjukkan pertumbuhan yang kurang baik bila pH tanah di bawah 6, akibat unsur fosfor, kalium, belerang, kalsium, magnesium menurun cepat. Begitu pula bila pH di atas 7, tanaman akan mengalami gejala klorosis, akibat ketersediaan unsur nitrogen, besi, mangan, borium, tembaga atau seng sedikit sekali (Hilman dan Zainal, 1997).

Pemberian pupuk yang mengandung unsur N akan menunjang pertumbuhan tanaman (Sugeng, 2006). Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan oleh Layla (2008), menunjukkan bahwa penggunaan pupuk kandang ayam dengan dosis 144 kg N/ha memberikan pengaruh yang nyata terhadap pertumbuhan bayam merah.

2.3. Peranan pupuk berteknologi nano pada budidaya tanaman bayam merah (*Alternanthera amoena* Voss)

Badan Litbang pertanian telah melakukan beberapa penelitian yang menyimpulkan bahwa teknologi nano dipercaya meningkatkan produksi pertanian. Teknologi Nano awalnya hanya digunakan pada kosmetika, namun dalam perkembangannya teknologi ini juga dapat digunakan dalam bidang pertanian. Pupuk berteknologi nano bermanfaat untuk meningkatkan penyerapan hara, perlindungan tanaman, serta meningkatkan hasil produktifitas tanaman dengan efisiensi dan penghematan sumberdaya lahan. Mengandung komposisi unsur hara makro mikro, serta zat pengatur tumbuh yang diformulasi dan diproduksi sesuai untuk kebutuhan semua jenis tanaman (Rochman, 2008).

Tanaman bisa memperoleh unsur hara melalui penyerapan, baik melalui akar atau daun. Namun pada umumnya sumber utama ialah melalui akar. Penyerapan maksimum terjadi di daerah tepat dibelakang ujung akar atau bagian akar yang tumbuh aktif. Penyerapan unsur hara oleh akar bisa terjadi melalui tiga proses yaitu ; (1) Intersepsi : akar akan menyerap langsung dengan kuat terhadap ion seperti nitrat dan sulfat dari larutan tanah, (2) Aliran massa : air akan diserap oleh akar tanaman sehingga air tanah lain bergerak menuju akar dengan membawa sejumlah unsur hara terlarut yang dibutuhkan oleh tanaman. Penyerapan hara oleh akar tidak bergantung pada penyerapan air tetapi massa aliran dalam memindahkan ion-ion ke permukaan akar dimana menjadi tersedia bagi tanaman. Kadar hara dalam larutan

tanah mengakibatkan sejumlah unsur hara bergerak menuju ke permukaan akar, dan (3) Difusi : penyerapan ion oleh akar dengan cara pertukaran ion dari lingkungan dengan potensial kimia tinggi ke dalam lingkungan yang berpotensi rendah seperti penyerapan H_2O , CO_2 dan O_2 (Sugito, 1994).

Pemupukan melalui daun merupakan salah satu aplikasi pemberian berbagai pupuk tertentu pada tanaman terutama jenis pupuk yang tidak merusak daun dan harus diberikan dengan konsentrasi rendah (Setyamidjaja, 2006). Menurut Rinsema (1986), yang dimaksud dengan pupuk daun adalah bahan-bahan atau unsur-unsur yang diberikan melalui daun dengan cara penyiraman atau penyemprotan agar dapat langsung diserap, guna mencukupi kebutuhan bagi pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Konsentrasi merupakan faktor yang sangat vital dan memiliki pengaruh yang besar terhadap keberhasilan pemupukan melalui daun. Interval waktu juga harus diperhatikan untuk memperoleh hasil pemupukan yang memuaskan, penyemprotan melalui daun harus dihentikan pada saat tunas baru muncul. Sebab tunas muda itu sangat peka terhadap pupuk, terlebih jika konsentrasinya melebihi konsentrasi anjuran (Lingga, 1994).

Penyemprotan dengan interval yang terlalu sering juga tidak baik karena dapat menyebabkan kerusakan bagi tanaman. Penyemprotan hara yang disemprotkan melalui daun akan efektif jika dilakukan waktu pagi dan sore hari di mana kelembaban udara relatif tinggi. Hal ini berkaitan dengan mekanisme membuka dan menutupnya stomata. Pada pagi hari tekanan turgor meningkat pada dinding sel penjaga, sehingga lubang stomata akan membuka secara perlahan dan akan menutup jika terik matahari pada siang hari dan selanjutnya pada sore hari karena penguapan telah menurun dan stomata membuka kembali (Lakitan, 2004). Sehubungan dengan hal tersebut, Sarief (1986) menyatakan bahwa unsur hara yang disemprotkan melalui daun, masuk melalui lubang stomata secara difusi bersamaan dengan air.