

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA, KERANGKA PEMIKIRAN DAN HIPOTESIS

2.1 Tinjauan pustaka

2.1.1 Klasifikasi, dan morfologi bayam merah (*Amaranthus tricolor* L.)

Bayam merah (*Amaranthus tricolor* L.) merupakan tanaman semusim yang berasal dari wilayah Amerika dan saat ini telah tersebar luas di berbagai belahan dunia. Tanaman ini umum dimanfaatkan dalam berbagai olahan kuliner, seperti sayuran dan keripik. Terdapat beberapa varietas bayam yang dikenal, di antaranya bayam hijau biasa, bayam merah, bayam kakap, bayam duri, serta bayam kotok atau bayam tanah. Jenis bayam yang umum dibudidayakan adalah bayam cabut (*Amaranthus tricolor*) dan bayam kakap (*Amaranthus hybridus*), sedangkan varietas lainnya umumnya tumbuh secara liar (Ramadhan, 2020).

Bayam merah memiliki kandungan gizi yang tinggi karena mengandung sejumlah unsur penting, antara lain mineral, protein, vitamin A, vitamin C, serta senyawa antioksidan polifenol (Pebrianti, Ainurrasjid dan Purnamaningsih, 2015). Selain itu, bayam merah juga mengandung pigmen antosianin dan vitamin B dalam jumlah kecil (Rukmana, 2008).

Sebagai salah satu jenis sayuran yang penting, bayam berperan dalam menurunkan tekanan darah dan kadar kolesterol, memperlancar sirkulasi darah, serta membantu mencegah pembentukan radikal bebas melalui kandungan antosianin yang dimilikinya (Mardhiana dkk., 2017).

Menurut Fazria (2011), bayam merah diklasifikasikan dalam sistematika tumbuhan adalah sebagai berikut :

Kingdom	: Plantae
Divisi	: Spermatophyta
Sub Divisio	: Angiospermae
Kelas	: Dycotiledoneae
Ordo	: Amaranthales

Family : Amaranthaceae
 Genus : Amaranthus
 Spesies : *Amaranthus tricolor* L.

Morfologi tanaman bayam merah dapat dirincikan sebagai berikut:

Batang bayam merah berbentuk bulat, kasar, beruas-ruas dan berwarna merah keunguan. Bayam memiliki batang utama yang tegak dan tebal dengan ranting bercabang banyak (Tjitrosoepomo, 2009).

Bayam merupakan tanaman perdu atau semak semusim. Batang pada tanaman bayam kurang berkayu dan berair, berwarna hijau keputih-putihan dan lunak, putih kemerah-merahan, atau hijau (Sunarjono dan Nurrohmah, 2018). Batang bayam merah berbentuk bulat, bertekstur kasar, memiliki ruas-ruas, dan berwarna merah keunguan. Tanaman bayam memiliki batang utama yang tumbuh tegak dan tebal, dengan banyak cabang atau ranting yang menyebar (Tjitrosoepomo, 2009).

Daun tanaman bayam merupakan daun tunggal yang bersifat lunak dan lebar. Daun ini memiliki tangkai (petiolus) dan berbentuk bulat telur dengan ujung meruncing, bertekstur lembut, serta memiliki variasi warna, antara lain hijau, merah, atau hijau keputih-putihan (Sunarjono & Nurrohmah, 2018). Pada bayam merah, daun tumbuh secara berhadapan, dan dari setiap ketiak daun akan muncul tunas baru.

Helai daun bayam merah berbentuk lonjong hingga lanset dengan panjang antara 4 sampai 13 cm dan lebar 2 sampai 5 cm. Daunnya memiliki tepi rata, pertulangan yang tampak jelas, serta berwarna merah keunguan. Akar tanaman bayam merah berupa akar tunggang berwarna putih kecoklatan serta terdapat sedikit serabut kecil di bagian atas akar mendekati batang (Tjitrosoepomo, 2009).

Bunga bayam tersusun dalam bentuk malai yang tumbuh tegak dan muncul dari ujung batang maupun dari ketiak daun. Bentuk malai bunga memajang mirip ekor kucing, dan pembungaannya dapat berlangsung sepanjang musim atau tahun (Ariyanto, 2008).

Biji bayam merah berbentuk bulat, berukuran kecil, dan berwarna hitam. Sistem perakarannya berupa akar tunggang yang berwarna putih kecoklatan, dengan sejumlah serabut halus yang terdapat pada bagian atas akar, dekat dengan pangkal batang (Tjitrosoepomo, 2009). Tanaman bayam merah memiliki daya adaptasi tinggi pada lingkungan yang berbeda, baik yang optimum maupun pada kondisi marjinal.

2.1.2 Syarat tumbuh

Bayam merah dapat tumbuh sepanjang tahun, baik di dataran rendah maupun dataran tinggi, sehingga cocok untuk dibudidayakan di kebun maupun di pekarangan rumah. Tanaman ini umumnya ditanam di lahan tegalan. Waktu tanam yang optimal adalah pada awal musim hujan atau awal musim kemarau. Bayam merah tumbuh dengan baik pada tanah yang memiliki derajat keasaman (pH) sekitar 6 hingga 7. Jika pH tanah kurang dari 6, pertumbuhan tanaman menjadi kurang subur. Sebaliknya, pada pH lebih dari 7, tanaman dapat mengalami klorosis, yaitu munculnya warna putih kekuningan pada daun muda (Saparinto, 2013).

Tanaman ini memerlukan suhu udara ideal antara 20 sampai 32°C dan membutuhkan ketersediaan air yang cukup tinggi, sehingga penanaman pada awal musim hujan sangat dianjurkan. Apabila ditanam pada awal musim kemarau, tanah yang digunakan sebaiknya gembur dan subur. Bayam merah juga dapat tumbuh pada tanah liat, asalkan diberi pupuk kandang dalam jumlah yang memadai. Untuk budidaya di lahan yang luas, penyediaan air dapat dilakukan melalui sistem irigasi parit yang dialirkan di antara bedengan (Saparinto, 2013).

Tanaman bayam merah dapat tumbuh pada kisaran ketinggian ± 5 hingga 1.500 meter di atas permukaan laut (mdpl), namun pertumbuhan yang lebih subur umumnya terjadi di dataran rendah pada lahan terbuka dengan suhu udara yang cenderung panas. Bayam merah memiliki umur panen yang relatif singkat, yaitu sekitar 25 sampai 30 hari setelah tanam (Mamuaja, 2016).

2.1.3 Kandungan gizi bayam merah (*Amaranthus tricolor* L.)

Khasiat bayam merah belum banyak diketahui oleh masyarakat secara luas. Dalam 100 gram bayam merah terkandung berbagai zat gizi penting, antara lain kalori, karbohidrat, protein, lemak, vitamin (A, B₁, E, C, dan folat), serta mineral seperti kalsium, fosfor, dan zat besi yang berperan dalam mendukung pertumbuhan dan menjaga kesehatan tubuh. Kandungan zat besi pada bayam merah relatif lebih tinggi dibandingkan dengan bayam hijau, sehingga bayam merah sangat dianjurkan untuk dikonsumsi oleh penderita anemia (Nurmas dan Fitriah, 2011).

Tabel 1. Kandungan zat gizi bayam merah (*Amaranthus tricolor* L.) per 100 g

No.	Kandungan Gizi	Satuan	Jumlah Nutrisi per 100 g
1.	Kalori	kcal	51,0
2.	Karbohidrat	g	5,4
3.	Protein	g	4,6
4.	Lemak	g	0,5
5.	Vitamin A	SI	5.800,0
6.	Vitamin B1	mg	0,1
7.	Vitamin E	mg	0,7
8.	Vitamin C	mg	20
9.	Folat	mg	111,0
10.	Kalsium (Ca)	mg	368
11.	Fosfor	mg	111,0
12.	Zat Besi	mg	2,2

Sumber : Kementerian Kesehatan RI (2014).

2.1.4 Pemupukan

Pupuk merupakan bahan yang digunakan untuk memperbaiki sifat fisik, kimia, atau biologi tanah, sehingga kondisi tanah menjadi lebih mendukung bagi pertumbuhan tanaman. Penggunaan pupuk pada lahan pertanian tidak hanya bertujuan untuk meningkatkan kandungan unsur hara dan kesuburan tanah, tetapi juga untuk

memperbaiki kondisi tanah yang mengalami penurunan kualitas akibat pemanfaatan lahan secara terus-menerus. Secara umum, pupuk dibedakan menjadi dua jenis, yaitu pupuk anorganik dan pupuk organik (Sutanto, 2002).

Menurut Sutedjo (2010), pupuk organik atau pupuk alam merupakan hasil akhir dari proses dekomposisi atau penguraian bagian-bagian atau sisa-sisa (seresah) tanaman dan hewan, seperti pupuk kandang, pupuk hijau, kompos, bungkil, guano, dan vermikompos. Pupuk organik memiliki peran penting dalam memperbaiki struktur tanah, meningkatkan populasi mikroorganisme tanah, serta memperbesar daya serap dan daya simpan air. Secara keseluruhan, penggunaan pupuk organik dapat meningkatkan kesuburan tanah secara berkelanjutan.

Pupuk anorganik merupakan pupuk buatan yang diproduksi melalui proses industri. Umumnya, pupuk anorganik mengandung konsentrasi unsur hara yang tinggi, meskipun terbatas pada satu atau beberapa jenis unsur hara tertentu, sebagaimana terdapat dalam pupuk sintetis seperti pupuk NPK (Sutanto, 2002). Sebagian besar petani menggunakan pupuk anorganik untuk memupuk lahan pertanian mereka karena alasan kepraktisan, ketersediaan yang melimpah, serta kemudahan dalam memperoleh pupuk anorganik tersebut (Sutedjo, 2010). Namun demikian, penggunaan pupuk anorganik dan pestisida secara terus-menerus dalam jangka panjang dapat menyebabkan degradasi tanah dan pencemaran lingkungan akibat akumulasi residu bahan kimia di dalam tanah, yang pada akhirnya berdampak pada penurunan produktivitas lahan. Selain itu, penggunaan pupuk anorganik secara intensif juga berkontribusi terhadap penurunan kualitas dan kesehatan tanah (*soil quality and soil health*) (Simarmata, Benny dan Nana, 2012). Sebaliknya, pupuk organik merupakan jenis pupuk yang umum digunakan masyarakat dan tidak menimbulkan pencemaran lingkungan (Soenandar dan Heru, 2012).

2.1.5 Pupuk organik cair

Pupuk organik cair (POC) merupakan hasil pembusukan bahan-bahan organik yang berasal dari kotoran hewan, sisa tanaman, dan limbah organik manusia, yang

mengandung lebih dari satu jenis unsur hara. Pupuk organik cair lebih cepat meresap ke dalam tanah dan diserap oleh tanaman, lebih praktis digunakan dan proses pembuatannya lebih cepat yaitu 2 sampai 3 minggu. Selain proses pembuatannya yang lebih singkat, pupuk organik cair juga memiliki kandungan dan fungsi yang setara dengan pupuk organik padat, antara lain untuk memperbaiki sifat fisik, kimia, dan biologi tanah, atau dengan kata lain berfungsi sebagai penyubur tanah (Hanisar, 2012).

Pemanfaatan limbah organik menjadi pupuk organik cair (POC) dilakukan melalui proses fermentasi oleh bakteri anaerob. Selama proses fermentasi, senyawa-senyawa kompleks dipecah menjadi molekul-molekul yang lebih sederhana melalui aktivitas mikroorganisme pada bahan organik yang sesuai (Sawitri dan Handoko, 2014). Bahan utama dalam pembuatan POC terdiri atas beberapa komponen penting, antara lain karbohidrat, glukosa, dan sumber mikroorganisme.

Bahan baku pembuatan POC dapat diperoleh dari limbah sisa buah-buahan, seperti kulit buah naga, nanas, dan jeruk. Kulit buah nanas, misalnya, mengandung 81,72% air, 20,87% serat kasar, 17,53% karbohidrat, 4,41% protein, dan 13,65% gula reduksi. Selain itu, kulit nanas juga mengandung unsur hara berupa karbon (C) sebesar 19,98%, natrium (Na) 0,03%, nitrogen (N) 0,70%, sulfur (S) 0,08%, dengan nilai pH sebesar 7,9 (Susi, Surtinah dan Rizal, 2018).

Pupuk organik cair memiliki keistimewaan dibandingkan dengan pupuk alami lainnya yang dalam bentuk padatan seperti pupuk kandang, pupuk hijau, dan pupuk kompos. Keunggulan tersebut terletak pada kemampuannya dalam menyediakan unsur hara yang lebih cepat diserap oleh tanaman (Yunita, Damhuri dan Sudrajat, 2016).

2.1.6 Pupuk organik cair cangkang salak

Proses pengumpulan limbah cangkang salak dilakukan secara bertahap di lokasi pedagang buah dan sentra pengolahan salak. Peneliti mengumpulkan cangkang salak yang sudah tidak digunakan oleh pedagang maupun pengolah buah. Cangkang yang diperoleh kemudian dimasukkan ke dalam karung bersih sebagai wadah penampungan sementara. Peneliti memastikan bahwa cangkang yang dikumpulkan bebas dari benda

asing agar kualitas bahan tetap terjaga. Setelah terkumpul dalam jumlah yang cukup, seluruh cangkang salak dibawa ke lokasi penelitian untuk diproses lebih lanjut menjadi bahan pembuatan pupuk organik cair. Kurangnya informasi dan pengetahuan masyarakat mengenai potensi cangkang salak sebagai bahan dasar pupuk organik menjadi salah satu faktor penghambat pemanfaatannya.

Limbah kulit buah-buahan yang melimpah memiliki potensi besar sebagai sumber bahan baku alternatif dalam pembuatan pupuk organik cair. Kulit buah-buahan tersebut dapat dimanfaatkan secara optimal untuk menghasilkan pupuk organik cair yang ramah lingkungan dan bernilai guna tinggi. Menurut Santoso (2013), pupuk organik cair mengandung unsur hara makro dan mikro yang sangat dibutuhkan oleh tanaman untuk mendukung pertumbuhan serta meningkatkan produktivitas. Pupuk organik cair juga memiliki keunggulan dalam hal daya serap, karena unsur-unsur hara di dalamnya telah terurai dan dapat langsung dimanfaatkan oleh tanaman. Selain itu, kandungan bahan kimia dalam pupuk organik cair relatif rendah, yaitu maksimal 5%, sehingga aman bagi tanah meskipun diaplikasikan secara intensif (Simamora, Salundik dan Sriwahyuni, 2005).

Cangkang buah salak yang masih segar umumnya mengandung air, karbohidrat, mineral, dan protein. Kandungan air pada cangkang salak tergolong tinggi, yaitu mencapai 74,67% pada varietas salak pondok. Selain itu, kandungan karbohidrat pada cangkang salak pondok sebesar 3,8% dan pada salak gading sebesar 5,5%. Adapun kandungan protein tercatat sebesar 0,56% pada cangkang salak pondok dan 1,82% pada cangkang salak gading (Zulfi & Retno, 2009).

Pembuatan pupuk organik cair (POC) dari limbah cangkang salak ini diawali dengan proses penggilingan cangkang salak yang kemudian dicampur dengan bahan-bahan penunjang lainnya (larutan gula merah, EM4, air secukupnya) dan diletakkan pada wadah tertutup untuk proses fermentasi sampai bahan menjadi matang. Karakteristik fisik pupuk organik cair POC yang telah matang ditandai dengan kondisi tidak panas, tidak berbau busuk, berwarna coklat, serta bebas dari hama dan patogen. Selain itu, pupuk yang matang juga menunjukkan adanya endapan berwarna putih

sebagai hasil dari proses fermentasi yang berlangsung secara optimal (Hidayati dkk., 2020).

2.1.7 Limbah cair tahu

Tahu merupakan produk pangan tradisional yang berbahan dasar kedelai. Proses pembuatannya dilakukan melalui penggumpalan (pengendapan) protein dari susu kedelai dengan menggunakan bahan penggumpal seperti cuka. Secara umum, tahapan produksi tahu meliputi perendaman kedelai selama beberapa jam, penggilingan, perebusan hasil gilingan, penyaringan, penggumpalan bubur kedelai, pencetakan, dan pemotongan. Selama proses produksi tersebut, dihasilkan limbah cair yang mengandung parameter pencemar seperti *Biochemical Oxygen Demand* (BOD), *Chemical Oxygen Demand* (COD), *Total Suspended Solids* (TSS), serta nilai keasaman (pH) (Novita, Iwan dan Teguh, 2016).

Limbah cair yang dihasilkan dari proses produksi tahu berasal dari berbagai tahapan, antara lain perendaman dan pencucian kedelai, pencucian peralatan produksi, penyaringan, serta pengepresan atau pencetakan tahu. Sebagian besar limbah cair ini berupa cairan kental yang terpisah dari gumpalan tahu, yang dikenal sebagai air dadih (*whey*). Cairan tersebut mengandung protein dalam konsentrasi tinggi dan bersifat mudah terurai. Namun, limbah ini umumnya dibuang langsung tanpa melalui proses pengolahan, sehingga menimbulkan bau tidak sedap dan berpotensi mencemari lingkungan (Kaswinarni, 2007).

Limbah cair tahu umumnya mengandung senyawa organik dalam jumlah yang lebih tinggi dibandingkan senyawa anorganik. Komposisi limbah cair tahu terdiri atas protein sebesar 40–60%, karbohidrat 25–50%, dan lemak sekitar 10%. Kandungan bahan organik tersebut berkontribusi terhadap tingginya kadar fosfor, nitrogen, dan sulfur dalam air (Hikmah, 2016).

Kandungan bahan organik pada limbah tahu, apabila diolah secara tepat dengan penambahan bahan lain, dapat menghasilkan pupuk organik yang ramah lingkungan serta berfungsi menyuburkan tanaman. Pengomposan merupakan proses aerobik yang

mengubah limbah menjadi material mirip humus melalui aktivitas mikroorganisme pada bahan organik dalam limbah padat. Proses ini juga berperan dalam membunuh bakteri patogen, mengubah nitrogen dari bentuk amonia yang tidak stabil menjadi nitrogen organik yang stabil, serta mengurangi volume limbah (Pertiwi, 2011). Metode pembuatan dan bahan-bahan yang digunakan untuk menghasilkan pupuk organik dari limbah industri tahu relatif sederhana, sehingga memungkinkan produksi secara mandiri oleh masyarakat (Liswahyuningsih, 2010).

2.2 Kerangka berpikir

Salah satu faktor keberhasilan budidaya tanaman yakni dengan pemupukan yang berimbang. Menurut Purnami dkk. (2014), tanaman memerlukan unsur hara dalam jumlah optimal untuk mendukung pertumbuhan secara maksimal. Pemberian unsur hara yang mencukupi dapat meningkatkan potensi genetik tanaman, seperti bentuk, ukuran, dan berat organ yang dihasilkan. Penggunaan pupuk organik cair dengan memanfaatkan limbah selain dapat membantu memenuhi kebutuhan unsur hara tanaman, juga bermanfaat untuk mengurangi pencemaran lingkungan.

Hasil penelitian Lena (2023) menyatakan bahwa media tanam yang tidak diberi POC limbah kulit buah-buahan menghasilkan berat kering tanaman sawi yang nyata ringan dibanding media tanam yang diberi POC. Pemberian POC dengan konsentrasi tertinggi, yaitu 35 ml/liter, menghasilkan berat kering tanaman yang secara nyata lebih tinggi. Hal ini disebabkan oleh berat basah tanaman yang juga lebih besar pada konsentrasi tersebut dibandingkan dengan konsentrasi lainnya.

Pemberian pupuk organik cair kulit buah-buahan pada tanah gambut dengan konsentrasi 85 ml/L dapat mempercepat umur berbunga yaitu 35,5 hari dan pemberian pupuk organik cair kulit buah-buahan pada tanah gambut dengan konsentrasi 25 ml/L sampai 105 ml/L menunjukkan pertumbuhan dan hasil yang sama pada tanaman okra merah (Pelagia dkk., 2022).

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan oleh Widyabudiningsih dkk. (2021), pupuk organik cair dengan kualitas terbaik dihasilkan dari campuran kulit

pisang, mangga, dan nanas, dengan kandungan C-organik, N-total, P_2O_5 , dan K_2O masing-masing sebesar 17,4%; 6,05%; 0,15%; dan 2,50%. Waktu fermentasi optimum untuk menghasilkan kualitas tersebut adalah selama 7 sampai 14 hari. Kecuali untuk unsur P_2O_5 , pupuk organik cair yang dihasilkan telah memenuhi ketentuan Peraturan Menteri Pertanian Nomor 261 Tahun 2019 tentang Persyaratan Teknis Minimal Pupuk Organik.

Selain pemanfaatan pupuk organik cair (POC) dari limbah kulit buah-buahan, limbah cair tahu juga dapat dijadikan sebagai bahan baku pembuatan pupuk organik cair. Menurut Palupi dkk. (2019) zat-zat organik dalam limbah cair tahu, seperti kalori, karbohidrat, protein, dan lemak, memiliki potensi digunakan sebagai pupuk organik untuk tanaman. Mikroorganisme akan mendegradasi bahan-bahan organik tersebut sehingga menghasilkan unsur hara makro potensial, antara lain nitrogen, fosfor, kalium, dan magnesium, yang berperan dalam meningkatkan pertumbuhan tanaman (Aliyena dkk., 2015).

Hasil penelitian Sinaga (2018) menunjukkan bahwa limbah cair tahu berpengaruh positif terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman mentimun dengan konsentrasi optimal sebesar 50 ml/liter air. Sementara itu, penelitian oleh Lina dkk. (2018) menunjukkan bahwa pemberian limbah cair tahu memberikan pengaruh nyata terhadap peningkatan jumlah daun dan tinggi tanaman seledri (*Apium graveolens* L.). Perlakuan terbaik pada pertumbuhan jumlah daun dan tinggi tanaman seledri dicapai pada perlakuan P2, yaitu pemberian limbah cair tahu sebanyak 300 ml/liter.

Konsentrasi pemberian limbah cair tahu yang paling optimal dalam meningkatkan pertumbuhan dan hasil produksi tanaman selada (*Lactuca sativa* L.) diperoleh pada perlakuan P3, yaitu dengan konsentrasi 45% (450 mL per liter air). Perlakuan tersebut menunjukkan peningkatan pertumbuhan yang konsisten setiap minggunya (Anggraini & Nusyirwan, 2024).

2.3 Hipotesis

1. Konsentrasi pupuk organik cair cangkang salak (*Salacca zalacca*) dan limbah cair tahu berpengaruh terhadap pertumbuhan dan hasil bayam merah (*Amaranthus tricolor* L.)
2. Diketahui konsentrasi pupuk organik cair cangkang salak dan limbah cair tahu yang berpengaruh paling baik terhadap pertumbuhan dan hasil bayam merah (*Amaranthus tricolor* L.)