

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Beras merupakan komoditas paling penting di Indonesia karena berperan sebagai makanan pokok yang mayoritas setiap penduduk Indonesia mengkonsumsinya setiap hari sebagai bahan asupan karbohidrat. Indonesia memiliki konsumsi beras per kapita terbesar di dunia. Setiap orang Indonesia mengkonsumsi sekitar 89 kg beras per tahun (Yanuarti dan Afsari, 2016).

Luas lahan baku sawah tahun 2018 mencapai 7.105.145 ha, mengalami peningkatan 358.000 ha dan per Desember tahun 2019 menjadi 7.463.948 ha. Peningkatan luas lahan baku sawah tidak sejalan dengan produksi padi dan beras yang justru mengalami penurunan. Luas panen padi tahun 2019 dapat diperkirakan sebesar 10,68 juta ha, mengalami penurunan sebanyak 700,05 ribu ha atau 6,15% dibandingkan pada tahun 2018. Diikuti dengan hasil panen atau produksi padi pada tahun 2019 sebesar 54,60 juta ton, mengalami penurunan sebanyak 4,60 juta ton atau 7,76% dibandingkan tahun 2018. Jika dikonversikan menjadi beras untuk konsumsi pangan masyarakat Indonesia, produksi beras pada tahun 2019 sebesar 31,31 juta ton, mengalami penurunan sebanyak 2,63 juta ton atau 7,75% dibandingkan tahun 2018 (BPS, 2020).

Salah satu faktor penentu keberhasilan produksi tanaman di lapangan adalah penggunaan benih bermutu. Penggunaan benih bermutu tinggi adalah syarat penting untuk menghasilkan produksi tanaman yang tinggi. Persiapan bibit sangat erat kaitannya dengan proses perkecambahan dan perlakuan benih dalam peningkatan mutu sangat penting dilakukan, terlebih lagi adanya permasalahan dormansi fisiologis (*after ripening*) pada benih padi pasca dipanen di lapangan (Sutariati *et al.*, 2014).

Kemampuan berkecambah benih juga ditentukan oleh umur penyimpanan benih, semakin lama umur simpan benih, maka kemampuan berkecambah (viabilitas) semakin menurun sehingga hal tersebut menjadi salah satu penghambat tersedianya benih bermutu dalam budidaya tanaman padi (Sesly *et al.*, 2019). Salah satu upaya untuk mengatasi permasalahan tersebut, teknologi invigorasi dapat

menjadi alternatif perbaikan fisiologis dan biokimiawi yang berhubungan dengan kecepatan tumbuh, keserempakan berkecambah, perbaikan serta peningkatan kemampuan berkecambah benih. Beberapa cara invigorasi dapat dilakukan dengan *hydropriming*, *osmopriming*, *chemical priming*, *biological priming*, *hormonal priming*, *solid matrix priming*, dan *nutripriming* (Marthandan *et al.*, 2020)

Biological priming atau bio-invigorasi benih dapat menggunakan agensi hayati kelompok rhizobakteri seperti *Bacillus subtilis*, *Pseudomonas flouresenc*, *Aspergillus niger*, *Rhizobium* sp. dan *Azotobacter* sp. Agensi hayati kelompok rhizobakteri tersebut terkandung dalam *Natural Plant Growth Promoting Rhizobacteria* (PGPR) yang berfungsi sebagai pemacu pertumbuhan tanaman (Marfuah dan Majid, 2018). Agensi hayati yang digunakan pada penelitian ini adalah dari kelompok rhizobakteri yang terkandung dalam PGPR. Berdasarkan adanya permasalahan pada penyediaan benih bermutu maka salah satu upaya mengatasinya dengan teknologi alternatif bio-invigorasi.

1.2 Tujuan Penelitian

1. Mengetahui respon viabilitas dan vigor benih padi varietas Inpari 32 terhadap perlakuan bio-invigorasi
2. Mendapatkan perlakuan bio-invigorasi terbaik untuk meningkatkan viabilitas dan vigor benih padi varietas Inpari 32

1.3 Kerangka Pemikiran

Padi menjadi komoditas paling penting di Indonesia karena berperan sebagai bahan makanan pokok beras yang mayoritas setiap penduduk Indonesia mengkonsumsinya setiap hari untuk asupan karbohidrat. Indonesia menjadi negara dengan konsumsi beras per kapita terbesar di dunia. Setiap orang Indonesia mengkonsumsi sekitar 89 kg beras per tahun (Yanuarti dan Afsari, 2016), sementara data yang diterbitkan oleh Badan Pusat Statistik (BPS) menjelaskan bahwa hasil panen atau produksi padi per Desember tahun 2019 mengalami penurunan sebesar 7,76% dibandingkan tahun 2018. Data hasil panen padi berbanding terbalik dengan areal persawahan yang meningkat seluas 358.000 ha (BPS, 2020).

Kemunduran pada benih (deteriorasi) tidak dapat dihindari, namun dapat dihambat. Salah satu upaya yang dapat dilakukan adalah dengan teknologi invigorasi. Invigorasi pada benih padi diharapkan dapat meningkatkan mutu

fisiologis benih sehingga produksi tinggi yang diharapkan dapat tercapai. Salah satu benih padi yang memiliki potensi hasil tinggi adalah benih padi varietas Inpari 32 yaitu sebesar 8 – 10 ton/ha. Inpari 32 cocok ditanam di lahan sawah dataran rendah sampai ketinggian lokasi 600 m di atas permukaan laut (dpl) (Litbang, 2016).

Petani di Indonesia 93% mayoritas adalah petani kecil (*smallholder farmers*) (FAO, 2018). Pada umumnya petani menggunakan benih asal-asalan untuk pertanaman padi dan merupakan benih yang berasal dari sisihan hasil panen sebelumnya, tanpa perlakuan tertentu untuk dapat mempertahankan vigor, sehingga besar kemungkinan akan mengakibatkan mutu benih menjadi rendah serta berdampak di lapangan yang akhirnya menghasilkan persentase permunculan bibit yang rendah, tidak seragam, kurang toleran yang kemudian dapat menurunkan produksi.

Penggunaan benih bermutu menjadi syarat penting agar menghasilkan produksi tanaman yang tinggi dan menguntungkan secara ekonomis. Sutariati dan Darsan (2014) mengatakan bahwa persiapan dan perlakuan pada benih sangat penting diperhatikan untuk memecah permasalahan pada benih seperti vigor dan viabilitas benih yang rendah, serta dormansi fisiologis.

Teknologi invigorasi benih menjadi salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk perbaikan fisiologis dan biokimiawi yang berhubungan dengan kecepatan, keserempakan berkecambah, perbaikan benih. Beberapa cara invigorasi dapat dilakukan secara *hydropriming*, *osmopriming*, *chemical priming*, *biological priming*, *hormonal priming*, *solid matrix priming*, dan *nutripriming* (Marthandan *et al.*, 2020). Invigorasi dapat menambah vigor benih melalui proses metabolisme terkendali yang dapat memperbaiki kerusakan subseluler yang terjadi dalam benih (Yukti *et al.*, 2009).

Teknologi invigorasi benih yang menggunakan agensia hayati mampu berperan sebagai *biofertilizer* dan *biopestisides* (Loon, 2007). Perlakuan invigorasi dengan agensia hayati disebut *Biological priming* atau bio-invigorasi yang bertujuan agar viabilitas, pertumbuhan, dan hasil tanaman meningkat (Mia *et al.*, 2010).

Bio-invigorasi benih dapat menggunakan agensia hayati kelompok rhizobakteri seperti *Bacillus subtilis*, *Pseudomonas fluorescens*, *Aspergillus niger*, *Rhizobium* sp. dan *Azotobacter* sp. Agensia hayati kelompok rhizobakteri tersebut

terkandung dalam *Natural Plant Growth Promoting Rhizobacteria* (PGPR) yang berfungsi sebagai pemacu pertumbuhan tanaman (Marfuah dan Majid, 2018).

1.4 Hipotesis

1. Benih padi varietas Inpari 32 memberikan respon viabilitas dan vigor yang berbeda-beda terhadap setiap taraf perlakuan bio-invigorasi yang diujikan
2. Terdapat perlakuan bio-invigorasi terbaik untuk meningkatkan viabilitas dan vigor benih padi varietas Inpari 32

1.5 Kontribusi

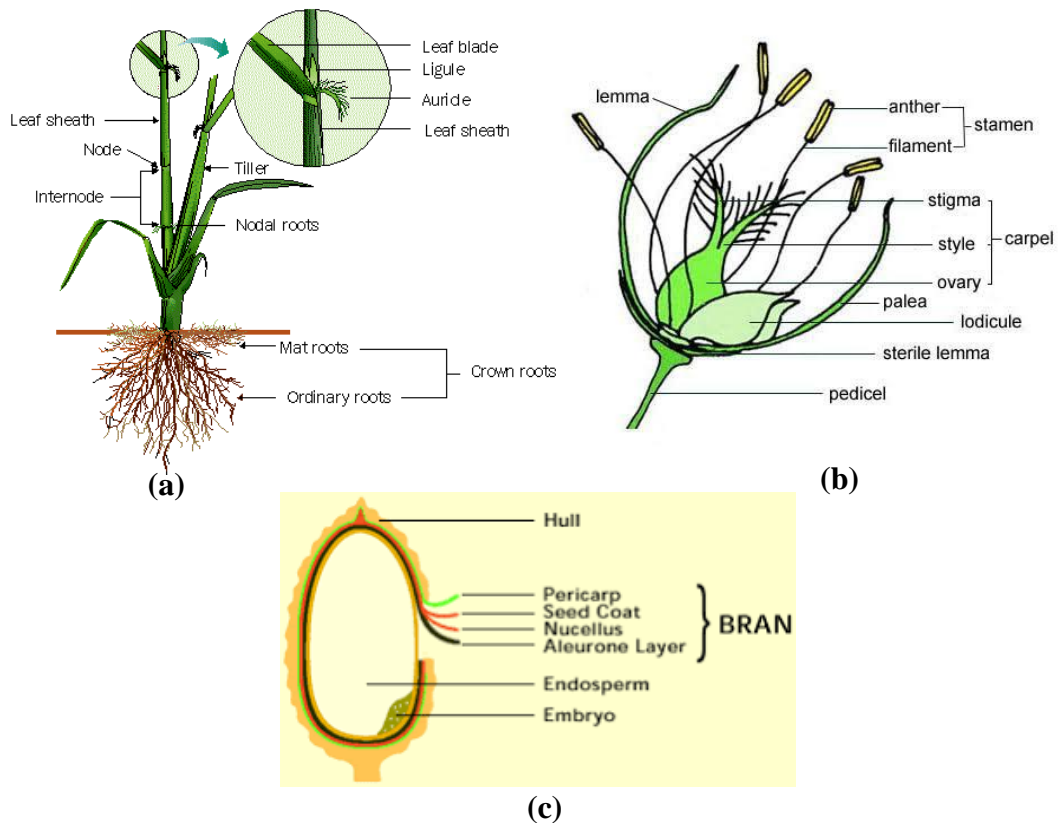
Penelitian diharapkan dapat menjadi karya tulis ilmiah yang berguna sebagai referensi atau bahan bacaan untuk kalangan akademisi. Hasil penelitian ini juga diharapkan dapat menjadi sumber informasi bagi petani dalam memulai alternatif penggunaan bahan organik yang ekonomis dan ramah lingkungan sebagai perbaikan mutu benih dalam peningkatan viabilitas serta vigor tanaman padi.

II. TINJUAN PUSTAKA

2.1 Tanaman Padi (*Oryza sativa* L.)

2.1.1 Taksonomi dan Morfologi Tanaman Padi

Tanaman padi dalam taksonominya diklasifikasikan ke dalam divisi *Spermatophyta*, dengan sub divisi *Angiospermae*, termasuk ke dalam kelas *Monocotyledoneae*, dengan ordo yaitu *Poales*, famili yaitu *Graminae*, genus yaitu *Oryza linn*, dan spesiesnya yaitu *Oryza sativa* L. Secara garis besar terdiri dari bagian vegetatif yang meliputi akar, batang dan daun serta bagian generatif terdiri dari malai yang terbentuk dari bulir-bulir, buah, dan bunga (Norsalis, 2011).



Gambar 1. Struktur Tanaman Padi (a. akar, batang, dan daun; b. bunga; c. buah)
(Sumber: Thomas L. Rost. 1997. *Section of Plant Biology, University of California.*)

Akar tanaman padi termasuk golongan akar serabut (Makarim dan Suhartatik, 2009). Pada benih yang berkecambah yang ditandai dengan timbulnya calon akar yang disebut dengan radikula. Bagian akar dewasa (lebih tua) dan telah mengalami

perkembangan akan berubah warna menjadi berwarna coklat, sedangkan akar yang baru atau bagian akar yang masih muda awalnya berwarna putih (Hanum, 2008).

Batang padi tersusun dari ruas-ruas dan antara ruas yang satu dengan yang lainnya dipisahkan oleh buku. Ruas batang padi di dalamnya berongga dan bentuknya bulat. Dari atas ke bawah, ruas batang akan semakin pendek. Pada tiap-tiap buku, duduk sehelai daun. Didalam ketiak daun terdapat kuncup yang tumbuh menjadi batang. Pada buku yang terletak dibagian paling bawah mata-mata ketiak yang terdapat antara ruas batang-batang dan upih daun akan tumbuh menjadi batang-batang sekunder. Tinggi batang padi bervariasi tergantung dengan jenis dan varietas nya, selain itu faktor lingkungan tumbuh juga mempengaruhi tingginya batang padi (Norsalis, 2011). Pertumbuhan batang tanaman padi yaitu merumpun dengan ditandai adanya satu batang tunggal atau batang utama (Hanum, 2008).

Pada kecambah padi, daun yang muncul saat terjadi perkecambahan dinamakan koleoptil. Daun tanaman padi tumbuh pada batang dalam susunan yang berselang-seling yaitu satu daun pada setiap buku. Setiap daun terdiri dari helaian daun, pelepah daun yang membungkus ruas, telinga daun dan lidah daun. Daun teratas disebut dengan daun bendera yang posisi dan ukurannya berbeda dari daun yang lain. Satu daun pada awal fase tumbuh memerlukan waktu 4 – 5 hari untuk tumbuh secara penuh. Jumlah daun tiap tanaman padi berbeda bergantung pada varietasnya (Makarim dan Suhartatik, 2009).

Bunga padi secara keseluruhan disebut malai. Semua unit bunga pada malai padi dinamakan spikelet yang sebenarnya merupakan bunga yang terdiri atas tangkai, bakal buah, lemma, palea, putik dan benang sari. Malai pada padi terdiri atas 8 – 10 buku yang menghasilkan cabang primer kemudian menghasilkan cabang sekunder (Makarim dan Suhartatik, 2009). Panjang malai pada padi dibedakan menjadi tiga ukuran yaitu malai pendek dengan panjang yaitu kurang dari 20 cm, malai sedang dengan panjang antara 20 – 30 cm, dan malai panjang dengan panjang lebih dari 30 cm. Jumlah cabang pada setiap malai berkisar antara 15 – 20 buah. Pada bunga padi, jumlah benang sari yaitu enam buah dengan tangkai sari pendek dan tipis, kepala sari besar serta memiliki dua kandung serbuk. Putik memiliki dua tangkai putik dengan dua kepala putik yang berbentuk malai yang umumnya berwarna putih atau ungu (Hanum, 2008).

Buah padi yang umumnya sebut biji padi atau gabah sebenarnya bukan merupakan biji melainkan buah padi yang ditutupi oleh lemma dan palea. Buah ini terjadi setelah selesai penyerbukkan dan pembuahan. Dinding bakal buah terdiri atas tiga lapisan yaitu lapisan paling luar disebut *epicarpium*, lapisan tengah disebut *mesocarpium* dan lapisan dalam disebut *endocarpium*. Sebagian besar pada buah padi ditempati *endosperm* yang memiliki kandungan zat tepung dan bagian lainnya ditempati oleh *embrio* atau lembaga yang terletak sentral yaitu pada bagian *lemma* (Norsalis, 2011).

2.1.2 Syarat Tumbuh Tanaman Padi

Padi merupakan tanaman yang dapat tumbuh pada iklim yang beragam, baik pada daerah tropis maupun subtropis pada 45° LU dan 45° LS dengan cuaca panas dengan kelembaban tinggi dan musim hujan empat bulan. Rata-rata curah hujan yang baik untuk pertanaman padi di lapangan yaitu 200 mm/bulan atau 1.500 – 2.000 mm/tahun. Dalam tahap perkecambahan tanaman padi varietas lokal memerlukan curah hujan 3 mm/hari selama periode 20 hari masa perkecambahan. Tanaman padi secara umum membutuhkan suhu minimum 22° – 30°C untuk perkecambahan, 24° – 29°C untuk pembungaan, 20° – 25°C untuk pembentukan biji. Padi dapat tumbuh pada ketinggian 0 – 1500 meter di atas permukaan laut (Hanum, 2008). Penanaman padi di lahan dengan pengairan menggunakan irigasi, tanaman padi menghendaki curah hujan yang optimum >1.600 mm/tahun, sedangkan padi gogo memerlukan bulan basah minimal selama 4 bulan berturut-turut atau curah hujan >200 mm yang tersebar secara normal setiap minggu (BPTP, 2009).

Tanaman padi memerlukan penyinaran matahari penuh tanpa naungan semasa pertumbuhannya. Padi sawah yang ditanam di tanah berlempung yang berat atau tanah yang memiliki lapisan keras berkisar 30 cm dibawah permukaan tanah. Tanaman padi juga menghendaki tanah lumpur yang subur dalam pertanamannya dengan ketebalan 18 – 22 cm. Pada perkecambahan padi berumur 3 – 15 HST dibutuhkan kondisi tanah macak-macak dan diairi 2 – 5 cm. Keasaman tanah antara pH 4,0 – 7,0 (Hanum, 2008).

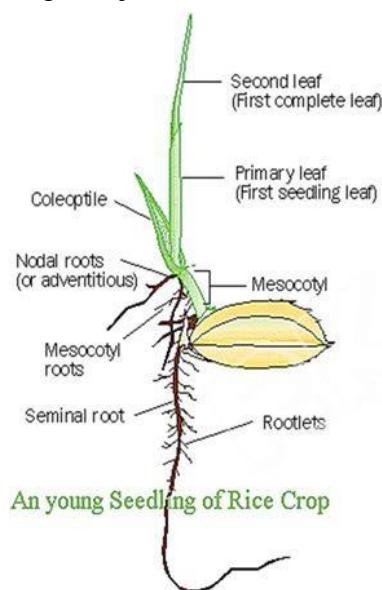
2.2 Fase Perkecambahan Padi

Perkecambahan adalah proses metabolisme yang terjadi pada biji sehingga dapat menghasilkan komponen kecambah yaitu plumula dan radikula (Purnobasuki, 2011). Benih padi termasuk benih yang memiliki sifat dormansi setelah panen atau dikenal dengan istilah *after ripening*, dimana benih setelah dipanen harus melalui masa simpan untuk memecahkan dormansi biji. Benih padi memiliki masa dormansi berkisar 1 – 2 bulan (Ahmad, 2011). Pada saat masa dormansi berlangsung, benih padi tidak dapat melakukan proses metabolisme meskipun dalam kondisi lingkungan yang optimal. Proses perkecambahan akan berlangsung apabila terdapat aktivitas metabolisme dalam biji (Ballo *et al.*, 2012). Tahap pertama dari proses perkecambahan adalah imbibisi, yaitu proses penyerapan air oleh benih untuk memulai aktivitas metabolisme perkecambahan didalamnya (Putra *et al.*, 2013). Pada fase imbibisi benih, kandungan kadar air didalamnya yang semula hanya 10 – 13% akan naik hingga mencapai kadar air 30% (Lestari dan Mariska, 2006). Biji yang akan berkecambah membutuhkan lebih banyak air dalam merangsang hormon pertumbuhan, serta menambah kandungan air pada setiap bagian biji yang mulai tumbuh saat proses perkecambahan berlangsung. Proses penyerapan air pada biji berguna untuk melunakkan kulit biji, menyebabkan pengembangan embrio serta endosperma yang kemudian akhirnya kulit biji akan pecah (Ballo *et al.*, 2012).

Tahap kedua proses perkecambahan benih padi yaitu ditandai dengan dimulai kegiatan sel dan enzim-enzim yang kemudian akan terjadi kenaikan tingkat respirasi pada benih. Tahap ketiga ditandai dengan terjadi penguraian bahan-bahan biokimia pada benih yaitu karbohidrat, lemak dan protein yang kemudian akan menjadi bentuk-bentuk yang melarut dan akan ditranslokasikan ke titik tumbuh. Tahap keempat yaitu asimilasi pada benih dimulai dari bahan-bahan yang telah diuraikan di daerah meristematik yang menghasilkan energi untuk kegiatan pembentukan komponen pertumbuhan sel-sel baru. Tahap kelima yaitu pertumbuhan kecambah yang terjadi melalui proses pembelahan, pembesaran dan pembagian sel-sel di titik-titik tumbuh biji (Putra *et al.*, 2013).

Lebih lengkap disampaikan oleh Makarim dan Suhartatik (2009) mengatakan fase perkecambahan dimulai ketika benih dikecambahkan sampai benih muncul

kepermuakaan. Pada hari ke-2 atau ke-3 setelah benih dikecambahkan, daun pertama yang muncul pada perkecambahan menembus keluar melalui koleoptil yang kemudian memperlihatkan daun pertama muncul masih dalam keadaan melengkung dan bakal akar atau disebut dengan radikula akan memanjang. Perkecambahan padi pada akhirnya akan tumbuh menjadi bibit yaitu tanaman muda yang siap untuk berkembang menjadi tanaman dewasa di pertanaman.



Gambar 2. Morfologi Perkecambahan Padi
(Sumber: *Ikisan Agri Information & Services*, 1999)

Kecambah normal dapat dikategorikan sebagai kecambah yang menunjukkan potensi untuk berkembang lebih lanjut menjadi tanaman normal. Ciri-ciri yang muncul pada kecambah normal dapat diketahui jika kecambah memiliki perkembangan sistem perakaran yang baik serta memiliki akar primer dan akar seminal paling sedikit dua, terlihat perkembangan hipokotil dengan baik dan sempurna tanpa adanya gejala atau tanda kerusakan pada jaringan, pertumbuhan plumula sempurna ditunjukkan dengan daun berwarna hijau dan tumbuh baik. Epikotil akan tumbuh sempurna terlihat dengan kuncup yang normal dan memiliki kotiledon untuk kecambah (Daksa *et al.*, 2014).

Kategori kecambah disampaikan oleh Sutopo (2010) dalam beberapa kategori untuk memudahkan dalam evaluasi kecambah yaitu menggunakan kriteria sebagai berikut :

2.2.1 Kecambah Normal

Kecambah normal ditandai dengan adanya perkembangan sistem perakaran yang baik terutama akar primer pada benih dan tanaman yang dengan normal menghasilkan akar seminal maka akar tersebut tidak kurang dari dua. Perkembangan hipokotil yang baik dan sempurna tanpa ada gejala atau kerusakan pada jaringan – jaringannya. Pertumbuhan plumula yang sempurna terlihat dari daun hijau yang tumbuh dengan baik atau muncul dari koleoptil. Pertumbuhan epikotil terlihat sempurna dengan kuncup yang normal. Serta memiliki satu kotiledon untuk berkecambah bagi tanaman monokotil dan dua kotiledon bagi tanaman dikotil.

2.2.2 Kecambah Abnormal

Kecambah abnormal atau lebih mudah disebut dengan kecambah rusak terlihat tanpa kotiledon, embrio pecah dan akar primer pendek. Kecambah yang bentuknya cacat dengan perkembangan yang lemah atau kurang seimbang dari bagian – bagian penting dari komponen kecambah. Plumula terputar, hipokotil, epikotil, dan kotiledon yang membengkak, serta akar yang pendek. Koleoptil yang pecah atau tidak mempunyai daun atau kecambah yang kerdil. Kecambah yang lunak.

2.2.3 Benih Keras

Benih keras yaitu benih yang sampai akhir pengujian masih keras karena tidak menyerap air disebabkan kulit yang impermeabel, dikategorikan dalam benih yang berkulit keras.

2.2.4 Benih Segar Tidak Tumbuh

Benih segar tidak tumbuh merupakan benih yang membengkak setelah proses imbibisi atau menyerap air namun belum berkecambah sampai pada hari terakhir pengujian.

2.2.5 Benih Mati

Benih mati terlihat pada benih-benih yang sudah mengalami pembusukan sebelum berkecambah atau benih yang tidak tumbuh sampai jangka waktu pengujian yang ditentukan, benih bukan dalam keadaan dorman.

2.3 *Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR)*

Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR) termasuk kedalam sejenis bakteri perakaran atau yang hidup di sekitar perakaran tanaman. Bakteri jenis ini umumnya hidup dan berkembang dengan memanfaatkan eksudat yang keluar dari perakaran tanaman (Meidiantie dan Heru, 2012). PGPR menjadi kelompok bakteri yang menguntungkan dan kontribusinya yang agresif dalam mengkolonisasi rizosfer (lapisan tanah tipis antara 1 – 2 mm disekitar zona pekarakan) (Husein *et al.*, 2008). Bakteri yang terkandung dalam PGPR merupakan mikroba tanah yang terdapat pada akar tanaman dan berperan dalam meningkatkan pertumbuhan tanaman serta menjadi perlindungan tanaman terhadap patogen tertentu yang berpotensi merugikan tanaman (Loon, 2007).

PGPR menjadi sangat penting peranannya dalam meningkatkan pertumbuhan tanaman, hasil panen dan kesuburan lahan pertanian. Tanaman dengan keberadaan mikroorganisme kelompok rhizobakteri ini akan menjadi tanaman yang sangat baik. Bakteri ini memberi dampak positif dan keuntungan dalam proses fisiologi tanaman serta pertumbuhannya, sehingga pertumbuhan pada tanaman menjadi lebih baik dan sehat dibandingkan tanaman yang tidak dikolonisasi bakteri tersebut (Sito, 2015). Hal ini disebabkan akibat adanya aktivitas PGPR yang bekerja disekitar perakaran tanaman yang menstimulasi penyediaan unsur hara sebagai penyedia nutrisi tanaman. Akar menentukan kemampuan tanaman untuk menyerap unsur hara dan air, sehingga mempengaruhi pertumbuhan tanaman akibatnya fotosintesis meningkat. Proses fotosintesis meningkatkan pertumbuhan vegetatif dan generatif (Dewi, 2007). PGPR mendukung pertumbuhan tanaman melalui penambatan nitrogen dari atmosfer, produksi siderofor, dan pelarutan mineral pospat, serta sintesa hormon pertumbuhan seperti IAA (*Indole Acetic Acid*), asam giberelik, sitokinin dan etilen (Nelson, 2004), namun secara tidak langsung PGPR juga menjadi biokontrol patogen tanaman dengan merusak mikroba patogen melalui produksi antibiotik, enzim litik, hidrogen sianida, katalase dan siderofor atau melalui kompetisi nutrisi atau ruang. Dapat disimpulkan bahwa PGPR berperan penting bagi tanaman karena dapat meningkatkan kesehatan tanaman dan mendukung pertumbuhan tanaman secara signifikan (Khan, 2006). Singh (2013) mengatakan hal serupa bahwa PGPR merupakan sekelompok bakteri di daerah

perakaran tanaman yang dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman maupun hasil panen melalui beberapa mekanisme yang terjadi secara langsung atau tidak langsung. Beberapa mekanisme yang diperankan PGPR untuk meningkatkan pertumbuhan tanaman berupa pupuk hayati yaitu dengan menghasilkan fitohormon dan siderofor, melarutkan fosfat, sebagai agen pengendali dan fungisida secara hayati. Salah satu mekanisme PGPR dalam meningkatkan pertumbuhan tanaman ialah dengan menghasilkan hormon pertumbuhan, yaitu *indole acetic acid* (IAA) (Khalid *et al.*, 2003).

PGPR berfungsi memacu pertumbuhan dan fisiologi akar pada tanaman serta mampu mengurangi resiko terserangnya penyakit atau kerusakan yang disebabkan oleh serangga. PGPR dapat menstimulasi produksi hormon pada tanaman, penambat bakteri atau cendawan yang menguntungkan bagi tanaman serta mengontrol hama dan penyakit yang mungkin akan menyerang tanaman (Wiwana, 2012). PGPR juga berperan sebagai proteksi atau bioprotektan dan biostimulan, bioprotektan yaitu PGPR sebagai penekan dan penghambat perkembangan hama dan penyakit yang merugikan tanaman. Biostimulan yaitu PGPR sebagai stimulasi pada tanaman untuk meningkatkan pertumbuhan tanaman karena kandungan dalam PGPR dapat memproduksi fitohormon seperti IAA (*Indole Acetic Acid*), giberelin, dan sitokinin (Khalimi dan Wirya, 2009).

PGPR mampu berperan sebagai biofertilizer yaitu dapat memicu pertumbuhan tanaman dengan memfiksasi nitrogen, menyediakan fosfat terlarut, sampai menghasilkan fitohormon (Vacheron *et al.*, 2013). Biofertilizer yang mengandung mikroba hidup dapat membantu peningkatan kesuburan tanah melalui fiksasi nitrogen di atmosfer, pelarutan fosfor, pengomposan limbah organik maupun produksi hormon tumbuh melalui aktivitas biologis untuk meningkatkan pertumbuhan serta hasil tanaman (Narula *et al.*, 2005).

2.4 Bio-Invigorasi

Invigorasi pada benih adalah perlakuan yang diberikan terhadap benih sebelum penanaman yang tujuan untuk memperbaiki daya berkecambah dan kemampuan tumbuh kecambah. Perlakuan invigorasi pada benih dimaksudkan untuk meningkatkan performa benih. Salah satu perlakuan invigorasi yaitu dengan perlakuan hidrasi yaitu direndam, pembasahan dan pengeringan (Sucahyono *et al.*,

2013). Perlakuan invigorasi pada benih juga bertujuan untuk menyeragamkan pertumbuhan kecambah dan meningkatkan laju pertumbuhan kecambah (Arief dan Pabendon, 2011). Invigorasi merupakan teknologi yang bertujuan meningkatkan vigor benih dengan proses metabolisme terkendali dan dapat memperbaiki kerusakan subseluler dalam benih (Yukti *et al.*, 2009). Invigorasi terjadi ketika benih mulai terhidrasi secara terkontrol pada medium imbibisi yang memiliki berpotensi air rendah (Ilyas, 2012).

Teknologi invigorasi benih adalah salah satu upaya perbaikan mutu fisiologis dan biokimiawi yang berhubungan dengan kecepatan, keserempakan berkecambah, perbaikan benih. Beberapa cara invigorasi dapat dilakukan dengan *hydropriming*, *osmopriming*, *chemical priming*, *biological priming*, *hormonal priming*, *solid matrix priming*, dan *nutripriming* (Marthandan *et al.*, 2020). Teknologi invigorasi benih yang menggunakan agensia hayati mampu berperan sebagai *biofertilizer* dan *biopestisides* (Loon, 2007). Perlakuan invigorasi dengan agensi hayati disebut *Biological priming* atau bio-invigorasi yang bertujuan agar viabilitas, pertumbuhan, dan hasil tanaman meningkat (Mia *et al.*, 2010).

Bio-invigorasi merupakan teknologi yang digunakan pada perkecambahan benih dengan cara mengintegrasikan agensi hayati saat proses imbibisi pada benih berlangsung yang bertujuan memacu pertumbuhan pada benih. Agensi hayati yang dapat digunakan sebagai alternatif bio-invigorasi adalah mikroorganisme yang terkandung dalam *Plant Growth Promoting Rhizobacteri* (PGPR), agensi bio-kontrol, dan fungisida hayati (Marthandan *et al.*, 2020). Bio-invigorasi yang diintegrasikan dengan agensi hayati dari kelompok rhizobakteri yang banyak ditemukan berkoloni disekitar perakaran tanaman atau lebih mudah ditemukan dalam kandungan PGPR terbukti mampu meningkatkan mutu fisiologis benih (Widanta *et al.*, 2018).