

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Tomat adalah salah satu tanaman hortikultura yang penting di Indonesia. Buah dapat dikonsumsi dengan berbagai cara, antara lain dimakan secara langsung, diolah menjadi jus buah, sebagai pelengkap bumbu dapur dan sebagainya. Tomat kaya akan vitamin C, vitamin A, zat besi (Fe) dan potassium. Tanaman ini dapat ditanam di berbagai daerah dengan ketinggian tempat yang beragam, mulai dari dataran rendah hingga dataran tinggi. Menurut BPS (2012), produksi tomat nasional menurun dari 954.046 ton pada tahun 2011 menjadi 893.504 ton pada tahun 2012. Salah satu faktor yang menyebabkan penurunan produksi tomat dalam negeri adalah serangan virus tanaman. Virus tanaman yang sering menyerang tanaman tomat adalah *Cucumber Mosaic Virus* (CMV).

Terdapat beberapa faktor yang menyebabkan pengendalian CMV pada tanaman tomat sulit dilakukan: (a) tanaman yang terlanjur terinfeksi CMV tidak dapat disembuhkan dan tanaman ini siap menjadi sumber inokulum untuk tanaman di sekitarnya; (b) virus ini mempunyai kisaran inang yang luas termasuk beberapa tumbuhan liar yang dapat menjadi inang perantara dan dapat menyediakan inokulum kapan saja; (c) CMV dapat ditularkan oleh banyak spesies kutu daun dan efektivitas penularannya tinggi (dapat ditularkan oleh satu ekor aphid), maka populasi aphid yang relatif rendah pun masih berperan dalam menyebarkan CMV (Agrios, 1997 dan Palukaitis *et al.*, 1992)

Pengendalian virus yang telah diterapkan diantaranya dengan eradikasi gulma, menanam di daerah terisolasi, mengendalikan serangga vektor, proteksi silang maupun dengan cara induksi ketahanan tanaman menggunakan *Plant Growth Promoting Rhizobacteria* (PGPR) (Kokalis *et al.*, 2002). Beberapa mikroorganisme yang dilaporkan dapat digunakan sebagai PGPR antara lain *Bacillus pumilus*, *B. subtilis*, *Azotobacter* dan *Pseudomonas fluorescens* (Murphy JF *et al.*, 2000)

Plant Growth Promoting Bacteri (PGPR) merupakan sekumpulan bakteri yang berasal dari rhizospere tanaman dan dapat dipindahkan dari habitat aslinya ke habitat lain baik secara langsung maupun melalui manipulasi terlebih dahulu. Pada habitat baru bakteri ini dapat berfungsi sama baiknya dengan habitat

sebelumnya asalkan syarat tumbuh terpenuhi. Mikroorganisme dalam PGPR dapat bermanfaat bagi kesehatan tanaman baik secara langsung maupun tidak langsung melalui berbagai fungsi.

Sebagai kumpulan bakteri tanah, PGPR mempengaruhi tanaman secara langsung melalui kemampuannya menyediakan dan memobilisasi atau memfasilitasi penyerapan berbagai unsur hara dalam tanah serta mensintesis dan mengubah konsentrasi *fitohormon* pemacu tumbuh tanaman sehingga memiliki ketahanan terhadap serangan penyebab penyakit. Sedangkan secara tidak langsung berkaitan dengan kemampuannya menekan aktivitas patogen dengan menghasilkan berbagai senyawa atau metabolit seperti antibiotik bagi penyebab penyakit terutama patogen tular tanah (Samsudin, 2008; Widodo, 2006; Nelson, 2004).

Kemampuan PGPR dalam mensintesis dan mengubah konsentrasi fitohormon mengakibatkan tanaman tahan terhadap serangan penyakit, sehingga menarik untuk dikaji. Untuk tujuan perlindungan tanaman akan sangat membantu dalam pengurangan penggunaan pestisida kimia sistesis yang diketahui dapat menurunkan kualitas produk pertanian akibat efek residu yang ditinggalkan.

Secara umum, fungsi PGPR dalam meningkatkan pertumbuhan tanaman dibagi dalam tiga kategori yaitu: (1) sebagai pemacu/perangsang pertumbuhan (biostimulan) dengan mensintesis dan mengatur konsentrasi berbagai zat pengatur tumbuh (fitohormon) seperti IAA, giberelin, sitokinin dan etilen dalam lingkungan akar; (2) sebagai penyedia hara (biofertilizer) dengan menambat N₂ dari udara secara asimbiosis dan melarutkan hara P yang terikat di dalam tanah; (3) sebagai pengendali patogen berasal dari tanah (bioprotektan) dengan cara menghasilkan berbagai senyawa atau metabolit anti patogen seperti siderophore, -1,3-glukanase, kitinase, antibiotik dan sianida (Rahni, 2012).

Pseudomonas fluorescens, *Bacillus* sp. dan *Azotobacter* adalah agens hayati yang telah digunakan untuk mengendalikan berbagai patogen tanaman. Bakteri – bakteri tersebut masuk dalam golongan PGPR yang hidup bebas mengkolonisasi daerah perakaran tanaman dan menguntungkan bagi pertumbuhan akar yang mampu meningkatkan tanaman secara induksi (Kloepper *et al.*, 2004). Oleh karena itu dilakukan penelitian pengaruh aplikasi PGPR pada intensitas serangan

Cucumber Mosaic Virus (CMV) terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman tomat khususnya varietas permata.

1.2 Rumusan Masalah

1. Apakah pemberian jenis PGPR *Pseudomonas fluorescens*, *Bacillus* sp. dan *Azotobacter* dan kombinasi dapat menurunkan intensitas CMV pada tanaman tomat.
2. Apakah pemberian jenis PGPR *Pseudomonas fluorescens*, *Bacillus* sp. dan *Azotobacter* dan kombinasi dapat meningkatkan pertumbuhan dan produksi tanaman tomat.

1.3 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui pengaruh penambahan PGPR pada tanaman tomat yang terinfeksi CMV.

1.4 Hipotesis

1. *Pseudomonas fluorescens*, *Bacillus* sp., *Azotobacter* dan kombinasi dapat menurunkan intensitas serangan infeksi CMV pada tanaman tomat.
2. *Pseudomonas fluorescens*, *Bacillus* sp., *Azotobacter* dan kombinasi dapat meningkatkan pertumbuhan dan produksi pada tanaman tomat.

1.5 Manfaat

Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan informasi ke petani tentang potensi *Pseudomonas fluorescens*, *Bacillus* sp. dan *Azotobacter* sebagai agens ketahanan dan cara aplikasinya yang terbaik untuk mengendalikan CMV pada tanaman tomat di lapangan.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tanaman Tomat

Tanaman tomat adalah tanaman setahun yang berbentuk perdu dengan tinggi tanaman dua sampai tiga meter. Tomat mempunyai batang silindrik, lunak dan mudah patah saat masih muda dan berangsur – angsur menjadi persegi dan tekstur menjadi keras berkayu. Daunnya majemuk, bunganya hermaprodit dan buahnya bervariasi bentuk dan ukurannya. Secara sistematika tanaman tomat termasuk dalam Kelas Dicotyledonae, Ordo Tubiflorae, Famili Solanaceae, Genus *Lycopersicon*, dan Spesies *Lycopersicon esculentum* (Wiryanta, 2002).

Di Indonesia, virus yang banyak menyerang tanaman tomat adalah *Cucumber mosaic virus* (CMV). CMV dapat mengurangi produksi sampai 50% tergantung umur tanaman saat terjadi infeksi dan varietas tomat (Sutarya, 1989). Sampai saat ini beberapa usaha pengendalian telah dilakukan. Beberapa faktor yang menyebabkan sulitnya mengendalikan penyakit tanaman tomat yang disebabkan oleh CMV antara lain: (a) tanaman yang terlanjur terinfeksi CMV tidak dapat disembuhkan dan tanaman ini dapat menjadi sumber inokulum untuk tanaman di sekitarnya; (b) CMV mempunyai kisaran inang yang sangat luas termasuk beberapa tumbuhan liar yang dapat menjadi inang perantara dan dapat menjadi sumber inokulum setiap saat; (c) CMV dapat ditularkan oleh banyak spesies kutu daun dengan efektivitas penularan tinggi (dapat ditularkan dengan hanya satu ekor serangga) (d) sanitasi dengan memusnahkan tanaman sakit di lapang belum memberi jaminan karena sumber inokulum pada tanaman inang antara dan vektor berlimpah di luar pertanaman tomat; (e) pengendalian vektor sebagai serangga hama dengan senyawa kimia yang harus mempertimbangkan kelestarian lingkungan belum dapat diharapkan menekan populasi vektor pada tingkat yang aman untuk tidak terjadi penularan (Herdt & Steiner, 1995); dan (f) sampai sekarang belum tersedia varietas tomat yang toleran atau tahan terhadap CMV (Gallitelli *et al.*, 1995).

Tanaman tomat diperbanyak dengan bijinya. Biji tersebut diambil dari buah tomat yang sudah masak fisiologis. Selain dengan bijinya, tanaman tomat dapat diperbanyak melalui stek batang serta dapat disambung dengan famili Solanaceae lainnya (Ashari, 2006). Tanah yang gembur dan kaya unsur hara sangat disukai

tomat untuk pertumbuhan optimal. Tanaman tomat menyukai tanah yang tergolong asam, dengan pH 5.5 – 6.5. Air merupakan kebutuhan mutlak bagi tomat, namun kelebihan air tidak disukainya. Penyakit layu bakteri mudah sekali menyerang bila lahan tergenang air (Duriat *et al.*, 1997).

Tanaman tomat dapat tumbuh di dataran rendah maupun dataran tinggi. Suhu rata-rata harian yang optimal untuk pertumbuhan dan pembungaan tanaman tomat berkisar antara 25° C - 30° C pada siang hari dan antara 16° C - 30° C pada malam hari (Rubatzky dan Yamaguchi, 1999).

2.2 *Cucumber Mosaic Virus* (CMV)

Salah satu jenis virus yang menyebabkan penyakit pada tanaman anggota famili *Cucurbitaceae* adalah *Cucumber Mosaic Virus*. Menurut Murayama *et al.* (1998), CMV merupakan anggota kelompok dari kelompok *Cucumovirus* yang berupa partikel polyhedral dengan koefisien sedimentasi yang hampir sama, kecuali tiga tipe yang masing-masing mengandung segmen genom yang berbeda, dengan segmen terkecil juga mengandung mRNA protein salut dengan berat molekul $0,35 \times 10^6$ daltons.

Menurut Murayama *et al.* (1998) mengemukakan bahwa *Cucumber Mosaic Virus* (CMV) termasuk dalam golongan *Cucumovirus* yang mempunyai susunan kriptogram: R/1; 1,27+1,13+0,82+0,35/18; S/S; S/Ap.

Kode-kode tersebut dijelaskan sebagai berikut :

- R/1 : Tipe asam nukleatnya adalah RNA dan jumlah benang asam nukleatnya adalah tunggal.
- 1,27+1,13+0,82+0,35/18 : Berat molekul asam nukleatnya adalah 1,27+1,13+0,82 +0,35 juta dalton / presentase asam nukleatnya adalah 18%.
- S/S : Bentuk virion adalah bola/bentuk nukleokapsid adalah bola.
- S Ap : Jenis tanaman yang terinfeksi adalah tanaman berbiji (spermatophyta) dan vektornya adalah *Aphid* sp.

Cucumber Mosaic Virus (CMV) merupakan spesies pada genus *Cucumovirus* dan famili *Bromoviridae* (Roossinck *et al.*, 1999 dalam Balaji,

2008). *Cucumber Mosaic Virus* (CMV) adalah virus *polyhedral tripartite* dengan diameter 29nm. Partikel CMV adalah isometric yang terdiri dari selubung protein *encapsidates* yang berantai tunggal, ditambah kode sense RNA genom. Kapsid mengandung 180 kode subunit protein (simetri icosahedral). Virion CMV mengandung RNA 18% dan 82% protein. RNA terdiri dari tiga genom RNA dan satu atau dua subgenom RNA. Genom RNA ditentukan RNA 1 (panjang 3,3 kb), RNA 2 (3 kb) dan RNA 3 (2,2 kb) dan dikemas per individu partikel. Dua subgenom RNA adalah RNA 4 (1 kb) dan mungkin RNA 4A (682 nukleotida) dan dikemas dengan genom RNA 3 (Palukaitis *et al.*, 1992 dalam Balci, 2005).

Virion CMV tidak stabil pada suhu yang beku atau pada suhu panas. Menurut Roossinck dan White, (1998) dalam Zitikait (2011), penyimpanan CMV dalam jangka panjang yang optimal adalah dalam bentuk RNA virus yang sangat menular dan stabil pada suhu 20°C.

2.3 Strain *Cucumber Mosaic Virus* (CMV)

Virus mosaik mentimun dapat menyerang banyak tanaman yang termasuk ke dalam beberapa suku, antara lain suku mentimun (Cucurbitaceae), sawi-sawian (Cruciferae), terung-terungan (Solanaceae) dan kacang-kacangan (Papilionaceae). CMV merupakan genus anggota dari *Cucumovirus* dan famili *Bromoviridae*, dilaporkan telah menginfeksi 1287 spesies tanaman pada 518 gen milik 100 famili (Edwardson dan Christie, 1987 dalam Zitikait, 2011). Gibbs dan Harison (1976) menyebutkan bahwa beberapa strain CMV yang telah diketahui sampai saat ini adalah :

- a) *Yellow strain price* = strain price 6, menghasilkan *mosaic* kuning pada *Nicotiana* spp. dan luka nekrotik pada daun *Zinnea elegans* yang diinokulasikan.
- b) *Y strain price*, menimbulkan gejala pada *Nicotiana* spp. seperti *Yellow strain price* tetapi dengan intensitas lebih rendah. Gejala sistemik muncul pada *V. signensis*
- c) *Spinach strain bargava*, menimbulkan gejala lokal nekrotik pada *N. tabacum*.

2.4 Gejala Serangan *Cucumber Mosaic Virus* (CMV)

Gejala infeksi virus CMV pada tanaman sangat beragam, namun gejala yang umum dijumpai berupa daun-daun yang belang hijau tua dan muda dengan berbagai macam corak. Bentuk daun dapat berubah menjadi kerut dan kerdil atau tepi daun menggulung kebawah, selanjutnya pada buah terdapat bercak-bercak hijau pucat atau putih berseling dengan bercak hijau tua yang agak menonjol keluar. Jaringan daun berubah warna terutama daerah diantara tulang-tulang daun, selain itu tanaman juga akan terhambat pertumbuhannya (Semangun, 2000).

Gejala makroskopis bisa terjadi dalam empat atau lima hari setelah tanaman muda terinfeksi, tetapi mungkin diperlukan waktu hingga 14 hari untuk virus dapat berkembang pada daun usia yang dewasa atau tua. Menurut Departemen Ilmu Tanaman Illinois (1999), gejala lebih cepat berkembang pada suhu 26°C – 32°C dibanding 16°C – 24°C.

Pada famili *Solanaceae*, gejala jarang terjadi saat pembibitan, apabila terjadi maka kotiledon dapat menguning dan layu. Tanaman yang terinfeksi saat pembibitan, tanaman akan kerdil dan mungkin akan mati. Daun baru yang muncul akan mengalami mosaik yakni terjadi hijau daun yang menonjol, daun mengecil, keriput dan terjadi distorsi. Tingkat keparahan gejala tergantung konsentrasi virus di dalam jaringan tanaman. Pada gejala mosaik ringan pada daun, mungkin perlu bantuan cahaya untuk melihat mosaik tersebut.

Menurut Lecoq *et al.*, (2009), daun tanaman yang terserang CMV akan mengalami mosaik, nekrosis, malformasi pada daun sehingga ukuran daun cenderung mengecil, daun mengalami penebalan dan agak menguning serta buah akan mengalami perubahan warna dan perubahan bentuk.

2.5 Mekanisme Penularan *Cucumber Mosaic Virus* (CMV)

Cucumber Mosaic Virus (CMV) dapat ditularkan secara mekanis, vektor dan biji. Lebih dari 60 jenis kutu daun dapat menularkan CMV secara non – persisten, termasuk *Myzus persicae* dan *Aphis gossypii*. Penularan melalui biji dapat terjadi pada beberapa tanaman inang (Gonzalves dan Garnsey, 1989). Menurut Semnangun (1988) CMV mempunyai lebih dari 200 tumbuhan inang. Diantara tumbuhan yang rentan adalah banyak anggota dari famili *Cucurbitaceae*,

famili *Papilionaceae*, family *Solanaceae*, dan family *Cruciferae*. Isolat CMV masih tetap berdaya tular setelah lebih dari 20 tahun (Bos, 1990).

Menurut Boss, (1990) persyaratan untuk penularan adalah terjadinya secara bersama – sama perlukaan kecil dan hadirnya partikel virus yang infeksi di tempat yang kecil pada sel inang yang mudah terinfeksi.

1. **CMV menular secara mekanis**

CMV dapat menular dengan tanaman inang secara mekanis, yaitu melalui kontak tanaman dengan cairan perasan. Penularan dapat terjadi berupa gesekan antar tanaman yang terserang CMV dan sehat. Virus CMV dapat ditularkan secara mekanis dengan gesekan, maupun oleh *Aphid* sp. (Semangun, 2000). Gesekan tersebut harus bersifat abrasif, artinya gesekan tersebut harus menimbulkan luka atau patahnya *trachoma* (bulu daun), sehingga tanaman sakit mengeluarkan cairan perasan ke tanaman sehat.

2. **CMV menular melalui vektor**

Serangga dengan tipe mulut menusuk-menghisap merupakan serangga yang mudah menjadi vektor virus. Sedangkan serangga dengan tipe mulut yang lain, pada umumnya sedikit yang menjadi vektor virus. Infeksi pada tanaman tergantung pada terjadinya perkembangan atau multiplikasi, serta penyebaran virus didalam sel inang tanaman karena infeksi tidak akan terjadi jika virus tidak dapat bermultiplikasi dalam sel tanaman (Hadiastono, 2010)..

Proses penularan virus oleh Aphid dibagi beberapa periode, antara lain periode sebelum akuisisi (*preliminary fasting*), akuisisi, posakuisisi dan inokulasi. Menurut Ferreira *et al.* (1992), Aphid yang menyebarkan virus CMV bersifat nonpersistent yakni fase akuisisi CMV diperoleh dalam 5-10 detik dan dapat ditularkan dalam waktu kurang dari 1 menit, kemudian akan terjadi penurunan infeksi setelah sekitar 2 menit dan biasanya hilang dalam waktu 2 jam. Beberapa faktor yang mempengaruhi efisiensi penularan oleh *A. gossypii* adalah temperatur, jenis tanaman inang sebagai sumber inokulum, lamanya tanaman sakit setelah inokulasi, konsentrasi CMV dalam daun (Perry, 2001 dalam Balfas, 2009).

3. CMV menular melalui benih

CMV merupakan virus yang bersifat sistemik, sehingga kemampuan untuk menginfeksi tanaman sampai ke buah dan biji sangat mungkin terjadi. Infeksi akan terjadi apabila virus dapat memperbanyak diri di dalam sel inang. Bagian yang aktif dari virus adalah asam nukleatnya, oleh karena itu agar dapat terjadi infeksi maka asam nukleat harus lepas dari protein pembungkusnya. Namun menurut Hadiastono (2010), hanya beberapa persen saja dari biji-biji yang dihasilkan oleh tiap individu tanaman sakit dapat terinfeksi dan menularkan tanaman virus (1 - 30%).

2.6 Infeksi pada Inang

Inokulasi adalah terjadinya kontak patogen dengan inang. Bagian awal yang harus ditembus patogen untuk masuk ke dalam tanaman adalah lapisan lilin pada permukaan daun, ketebalan kutikula dan ketebalan epidermis. Pada beberapa patogen, penetrasi langsung ke sel epidermis sulit dilakukan. ketebalan dinding sel epidermis menentukan resistensi tanaman terhadap patogen. Tanaman yang mempunyai dinding sel epidermis biasanya tahan, walaupun bila terjadi perlukaan maka resistensi tersebut menjadi patah (Abadi, 2003). Menurut Dogimon *et al.* (1994) dalam Asniwita (2010), hasil penelitian menunjukkan bahwa inokulasi pada fase bibit menyebabkan infeksi CMV lebih berat dari pada inokulasi pada fase pertumbuhan.

Virus bergerak secara pasif yakni melalui air, angin, aliran metabolisme dan lain-lain bukan melalui polen, spora atau alat gerak lainnya. Melalui perlukaan secara mekanis, virus dapat menginfeksi tanaman dengan mudah tanpa harus menembus dinding epidermis dan lapisan kutikula tanaman. Perlukaan tersebut harus bersifat abrasif namun tidak merusak jaringan tanaman yang menyebabkan nekrosis. Inokulasi CMV yang sering dilakukan adalah inokulasi secara mekanis, yakni menggunakan sap. Menurut Asniwita (2010), penularan secara mekanik melalui cairan tanaman sakit biasanya dilakukan untuk menguji sifat ketahanan tanaman terhadap CMV.

2.7 Ketahanan Tanaman terhadap Patogen

Ketahanan tanaman terhadap patogen adalah kemampuan tanaman untuk mencegah masuknya patogen atau menghambat perkembangan dan penyebaran patogen dalam jaringan tanaman (Agrios, 1996). Menurut Batara (2004), tanaman akan mempertahankan diri dengan dua cara yaitu : (1) adanya perubahan sifat-sifat struktural pada tanaman yang berfungsi sebagai penghalang fisik dan akan menghambat patogen untuk masuk dan menyebar di dalam tanaman, dan (2) respon biokimia yang berupa reaksi-reaksi kimia yang akan terjadi di dalam sel dan jaringan tanaman, sehingga patogen dapat mati atau terhambat pertumbuhannya.

Pada kondisi normal, tanaman mempunyai pertahanan diri sehingga tahan terhadap infeksi berbagai patogen. Pertahanan awal tanaman terhadap patogen adalah permukaan daun yang harus ditembus patogen. Menurut Abadi, (2003) pertahanan struktural pada tanaman antara lain, (1) jumlah serta kualitas lapisan lilin dan kutikula pada permukaan sel epidermis; (2) struktur dinding sel epidermis; (3) ukuran, kerapatan serta bentuk stomata dan lentisel; (4) ketebalan dinding sel dalam jaringan yang akan menghambat perkembangan patogen. Semangun (1996) mengemukakan bahwa setiap varietas mempunyai variasi ketahanan yang berbeda. Hal ini disebabkan oleh perbedaan jenis dan jumlah gen yang terdapat dalam masing-masing varietas.

Ketahanan tanaman ditentukan oleh beberapa faktor yaitu virulensi patogen, umur tanaman, kondisi tanaman dan keadaan lingkungan di sekeliling tanaman. Sifat ketahanan tanaman terdiri dari dua macam yaitu ketahanan vertikal dan ketahanan horizontal. Ketahanan vertikal adalah tanaman yang tahan terhadap beberapa ras patogen dan rentan terhadap ras lain dari patogen yang sama, dikendalikan oleh satu atau beberapa gen disebut sebagai ketahanan monogenik atau oligogenik. Ketahanan horizontal adalah semua tanaman yang mempunyai tingkat ketahanan yang efektif melawan setiap patogen yang menginfeksi dan dikendalikan oleh banyak gen disebut sebagai ketahanan multigenik (Abadi, 2003).

2.8 PGPR (*Plant Growth Promoting Rhizobacteria*)

Rhizobacteria merupakan bakteri tanah yang berkoloni di daerah perakaran tanaman. Sampai saat ini terdapat beberapa bakteri yang memiliki pengaruh menguntungkan bagi tanaman sehingga dapat digolongkan ke dalam kelompok PGPR, yaitu kelompok genus *Azoarcus* sp., *Azospirillum* sp., *Azotobacter* sp., *Arthrobacter* sp., *Bacillus* sp., *Clostridium* sp., *Enterobacter* sp., *Gluconoacetobacter* sp., *Pseudomonas* sp., dan *Serratia* sp. (Somers *et al.*, 2004).

Tujuan dari pemanfaatan PGPR dalam bidang pertanian yaitu memperoleh peningkatan hasil baik dari segi kualitas maupun kuantitas produksi pertanian. PGPR dapat berperan secara langsung dan tidak langsung. PGPR dapat berperan langsung dengan cara meningkatkan penyediaan hara serta menghasilkan hormone pertumbuhan, sedangkan peranan secara tidak langsung dengan cara memproduksi senyawa – senyawa metabolit seperti antibiotik serta menekan pertumbuhan fitopatogen dan serangan mikroorganisme lain (Zhang *et al.*, 1997).

Mekanisme PGPR dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman dan ketahanan tanaman dapat terjadi melalui kemampuan memproduksi Zat Pengatur Tumbuh (ZPT), pelarutan fosfat yang dapat meningkatkan efisiensi pemupukan fosfat dan kemampuan produksi antibiotik, memproduksi siderofor yang berperan dalam induksi ketahanan atau peningkatan ketahanan tanaman terhadap gangguan biotik dan abiotik. PGPR memiliki peranan penting dalam meningkatkan pertumbuhan tanaman, perlindungan, hasil panen, dan kesuburan lahan (Milan, 2007).

Beberapa bakteri yang telah banyak dikembangkan dan dimanfaatkan sebagai agens pengendali bakteri patogen tanaman (antagonis) adalah *Bacillus* sp., *Pseudomonas* sp., dan *Sreptomycetes* spp. Selain sebagai agens pngendali hayati, bakteri ini juga dapat berperan sebagai pemacu pertumbuhan tanaman (*Plant Growth Promoting Rhizobacteria/ PGPR*) (Desmawati, 2006). Selain itu, dari data Balai Penelitian Tanaman Hias yang berada di Cianjur – Jawa Barat tahun 2004, beberapa rhizobakteria sedang dikembangkan khususnya yang berasal dari golongan *Bacillus* sp. dan *Pseudomonas* sp.

III. METODOLOGI

3.1 Tempat dan Waktu

Penelitian ini dilaksanakan di rumah kawat STPP Ijen Nirwana dan Laboratorium Penyakit Tumbuhan, Jurusan Hama Penyakit Tumbuhan, Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya Malang. Pelaksanaan penelitian dimulai pada bulan Februari 2014 sampai dengan November 2014.

3.2 Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan dalam pelaksanaan penelitian ini adalah polybag 5kg, meteran, label, gunting, plastik, cetok, timbangan analitik, gelas ukur (vol. 100ml), mortar dan penumbuk, cawan petri, gunting, ajir bambu, dan kamera.

Bahan yang digunakan adalah inokulum CMV yang berasal dari lapang yaitu tanaman cabai yang terserang CMV. Tanah yang sudah disterilisasi dengan formalin 4% kemudian difermentasi dengan pupuk kompos (1:1). Bakteri *Pseudomonas fluorescens*, *Bacillus* sp. dan *Azotobacter* koleksi Laboratorium Penyakit Tumbuhan jurusan HPT FP UB dan air. Tanaman indikator yang digunakan adalah *Chenopodium amaran*, *Chenopodium quinoa* dan *Gomphrena globosa*. Karborundum 600 mesh, aquades steril, buffer fosfat 0,01 M Ph 7.

3.3 Metode Penelitian

Penelitian dilaksanakan melalui percobaan polybag, menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) sebagai perlakuan adalah PGPR *P. fluorescens* (P1), PGPR *Azotobacter* (P2), PGPR *Bacillus* sp. (P3), PGPR *P. fluorescens* dan *Azotobacter* (P4), PGPR *P. fluorescens* dan *Bacillus* sp (P5), PGPR *Azotobacter* dan *Bacillus* sp (P6), tanpa PGPR (P7). Masing – masing perlakuan diulang empat kali.

Data pengamatan yang diperoleh dari percobaan dianalisis dengan menggunakan uji F pada taraf 5%, kemudian data yang berbeda nyata antar perlakuan dilanjutkan dengan analisis Beda Nyata Terkecil (BNT) pada taraf kesalahan 5%.

3.4 Persiapan Penelitian

1. Penyediaan inokulum dan identifikasi CMV

Inokulum CMV yang digunakan berasal dari daun cabai yang menunjukkan gejala terinfeksi CMV. Sebelum inokulum CMV digunakan pada penelitian ini, terlebih dahulu dilakukan identifikasi menggunakan tanaman indikator. Tanaman indikator merupakan tanaman yang menunjukkan gejala spesifik pada tanaman yang diinokulasikan. Inokulum berbentuk sap diinokulasikan secara mekanis pada tanaman indikator yaitu, *Chenopodium amaranticolor* dan *Gomphrena globosa*. Menurut Batara (2004), bukti adanya CMV pada tanaman tomat yang digunakan untuk pembuatan cairan perasan, akan menimbulkan gejala lesio lokal atau nekrotik pada daun tanaman *Chenopodium amaranticolor*. Menurut Diyansah (2012), gejala yang ditimbulkan oleh infeksi virus CMV pada daun *Gomphrena globosa* adalah mengalami malformasi yaitu pinggir daun menggulung ke dalam, dan pigmen hijau (*klorofil*) berbaur dengan dengan pigmen kuning. Menurut Komite Internasional Taksonomi Virus (ICTV), gejala yang disebabkan virus pada tanaman indikator *Chenopodium amaranticolor* adalah lesio lokal.

2. Persiapan media tanam

Media tanam dikering anginkan 7 hari. Dalam waktu 7 hari tanah dibolak – balik 2 hari sekali. Kemudian dicampur dengan kompos perbandingan 1:1 lalu ditutup dengan plastik selama 7 hari. Sterilisasi dilakukan dengan menyemprotkan formalin 4% pada media dan diaduk hingga merata kemudia disungkup plastik dan dibiarkan selama 14 hari. Selama 14 hari tanah dibolak – balik 2 hari sekali secara teratur. Lalu tanah di pindahkan ke dalam polybag berukuran 5 kg.

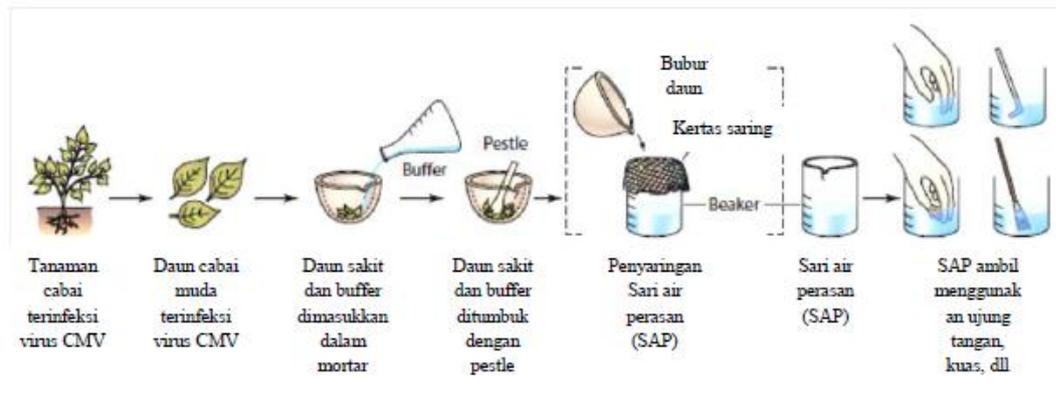
3. Penyediaa bakteri *Pseudomonas fluorencens*, *Azotobacter*, dan *Bacillus* sp.

Bakteri *Bacillus* sp., *Pseudomonas fluorencens* dan *Azotobacter* yang digunakan untuk penelitian merupakan bakteri koleksi laboratorium Bakteriologi Penyakit Tumbuhan Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya Malang. Bakteri yang digunakan mempunyai kerapatan *Bacillus* sp. : $2,2 \times 10^9$ cfu/ml, *Psudomonas fluorencens* : $2,42 \times 10^9$ cfu/ml, *Azotobacter* : $4,8 \times 10^9$ cfu/ml.

4. Pembuatan sap inokulum CMV

Penularan virus yang dilakukan pada penelitian ini dengan cara mekanis. Daun cabai yang didapatkan dilapang dipisahkan dari tulang daunnya. Kemudian

daun ditumbuk menggunakan mortar, yang berfungsi untuk memecah sel tumbuhan sebanyak 5 gram. Setelah daun halus ditambah *buffer fosfat* 0,01 M pH 7 sebanyak 10 ml yang bertujuan untuk menetralkan virus dalam cairan perasan, khususnya terhadap pengaruh keasaman larutan terhadap persistensi virus dalam cairan perasan. Setelah ditambah *buffer fosfat* daun ditumbuk lagi sampai benar – benar halus. Kemudian daun yang sudah halus disaring dengan menggunakan kasa steril untuk memisahkan ampas dengan cairan.



Gambar 1. Pembuatan Cairan SAP (Agrios, 2005)

3.5 Pelaksanaan Penelitian

1. Aplikasi PGPR

Perlakuan benih dengan PGPR dilakukan untuk pengkolonian PGPR sejak awal pada akar. Sehingga akan mencegah pengkolonian akar oleh mikroba patogen. Benih yang digunakan berjumlah 24 benih tomat yang akan digunakan untuk perlakuan PGPR yang akan di rendam \pm 30 menit (Ashrafuzzaman, 2009). Benih yang tidak diberi PGPR (kontrol), sebanyak 4 benih tomat yang akan direndam dengan aquades. Benih yang akan digunakan direndam dengan menggunakan bakteri PGPR selama 2 x 24 jam.



Gambar 2. Perendaman Benih

2. Penularan sap pada tanaman tomat

Penularan sap dilakukan pada bagian daun muda tomat yang berumur 15 hari setelah tanam. Inokulasi dilakukan pada daun muda yang sudah membuka sempurna. Bagian permukaan daun tomat yang akan diinokulasi ditaburi karborundum 600 mesh. Pemberian karborundum berfungsi untuk menambah aksi abrasi dan meningkatkan adsorbs partikel virus pada membran sel sehingga dapat memacu pelepasan mantel virus (Hadiastono, 2010). Pada saat inokulasi dilakukan dengan hati – hati agar tidak terjadi luka yang berlebihan. Sebelum permukaan daun kering dari sap daun dibasahi dengan aquades menggunakan spray.

3. Pemeliharaan tanaman

Pemeliharaan tanaman yang akan dilakukan yaitu penyiraman, pemupukan, pengendalian gulma, dan pengendalian organisme pengganggu tanaman (OPT). penyiraman dilakukan setiap hari pada pagi hari, disesuaikan dengan keadaan tanaman agar tanaman tidak mengalami kekeringan dan layu. Pengendalian gulma dilakukan secara manual dengan mencabut gulma yang ada disekitar penanaman. Pengendalian OPT dilakukan dengan cara manual, dengan mengambil hama yang menyerang dan mematikan, dan untuk patogen pada bagian terserang diambil dan dibuang.

4. Pertumbuhan bakteri PGPR

Pengamatan bakteri yang berada di perakaran tanaman dapat dilakukan dengan metode isolasi bakteri secara aseptik. Metode aseptik ini harus diperhatikan dengan baik terutama pada alat – alat yang digunakan dalam proses isolasi bakteri. Tanah setiap perlakuan dimasukkan sebanyak 5 gram ke dalam tabung erlenmeyer yang dicampur dengan 50 ml akuades steril, lalu di lanjutkan pengenceran 10^{-1} hingga tingkat pengenceran 10^{-12} . Setelah itu tiga pengenceran terakhir diambil 1 ml untuk dicampur dengan media yang berbeda setiap perlakuan.

Terdapat 6 sampel tanah yang akan diisolasi, antara lain isolat tunggal *P. fluorescens*, isolat tunggal *Azotobacter*, isolat tunggal *Bacillus* sp. dan isolat kombinasi *P. fluorescens* dan *Azotobacter*, isolat kombinasi *P. fluorescens* dan *Bacillus* sp., dan isolat kombinasi *Azotobacter* dan *Bacillus* sp.

Teknik pencampuran menggunakan metode agar tuang (*Pour Plate*). Pada teknik ini memerlukan agar belum padat yang akan dicampurkan dengan suspensi bakteri ke dalam cawan petri. Setelah media tercampur dengan suspensi bakteri, cawan petri digoyangkan agar media dan suspensi bakteri tercampur merata. Lalu biarkan hingga media memadat. Hal ini menyebarkan sel – sel bakteri agar tidak hanya tumbuh di permukaan media kaya dengan O_2 tetapi juga tumbuh didalam agar yang tidak banyak mengandung O_2 . Setelah itu diinkubasi pada suhu ruang dengan cawan petri diletakkan terbalik selama 1 – 3 hari.

5. Variabel pengamatan

a. Masa Inkubasi dan Gejala Penyakit

Masa inkubasi adalah periode waktu dari inokulasi sampai munculnya gejala pada tanaman tomat. Pengamatan masa inkubasi dilakukan mulai satu hari setelah inokulasi sampai munculnya gejala pertama.

b. Intensitas Serangan

Abadi (2003) mengemukakan bahwa untuk menghitung persentase daun tanaman tomat yang terserang CMV digunakan rumus sebagai berikut :

$$P = \frac{\sum(n \times v)}{N \times Z} \times 100\%$$

Keterangan :

- P = Intensitas serangan
- n = Jumlah daun dari setiap kategori serangan
- v = Nilai skala dari setiap kategori
- N = Jumlah daun yang diamati
- Z = Nilai skala dari kategori tertinggi

Skor intensitas serangan

- 0 = daun sehat
- 1 = luas mosaik pada daun 25 %
- 2 = luas mosaik pada daun > 25% - 50%
- 3 = luas mosaik pada daun > 50%
- 4 = daun berkerut dan menebal
- 5 = daun berkerut, mengecil sampai berubah bentuk menyerupai gejala tali sepatu (shoes string) Tinggi Tanaman

Metode yang digunakan untuk pengukuran intensitas serangan CMV (*Cucumber Mosaic Virus*) adalah menghitung persen atau skor daun tanaman sakit. Menurut Abadi (2003), pengukuran persen daun tanaman yang sakit digunakan pada penyakit yang walaupun tidak mematikan, tetapi semua bagian tanaman yang sakit akan menyebabkan kerusakan yang menyeluruh, misalnya karena serangan virus.

c. Jumlah Daun

Penghitungan jumlah daun dimulai setelah tanaman tomat diinokulasi virus. Perhitungan jumlah daun dilakukan setiap seminggu sekali. Perhitungan jumlah daun dilakukan untuk mengetahui jumlah daun tanaman dan pengaruh virus CMV terhadap pertumbuhan dan perkembangan daun.

d. Bobot Basah Tanaman

Bobot basah tanaman dihitung pada saat tanaman baru dipanen, yaitu dengan cara ditimbang bobot basah setiap tanaman perlakuan setelah semua buah dipanen.

e. Bobot Kering Tanaman

Bobot kering dihitung setelah tanaman dikeringkan dalam oven selama 2x24 jam pada suhu 80° C. Data pengamatan adalah rata – rata bobot kering tanaman.

f. Pertumbuhan Bakteri pada Media

Petumbuhan bakteri pada media dilakukan pada saat tanaman tomat berumur 30 HST dan 60 HST yang bertujuan mengetahui pertumbuhan bakteri dalam tanah.

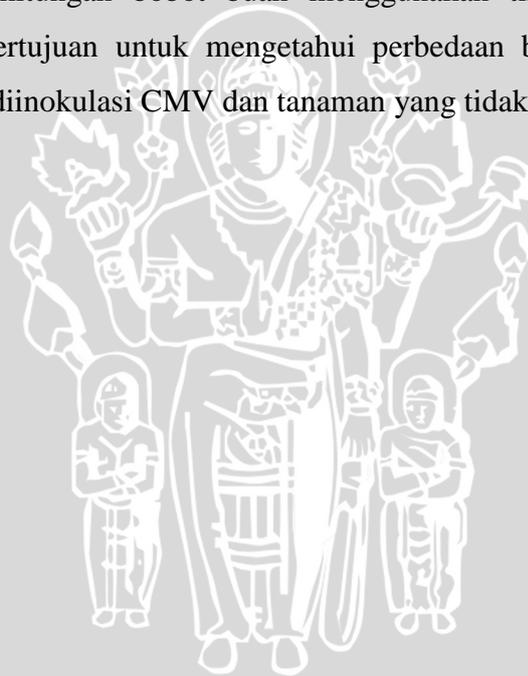
g. Produksi Tanaman

Jumlah Buah

Jumlah buah ditentukan dengan menghitung total buah yang dihasilkan per tanaman. Jumlah buah dihitung ketika terjadi fase generatif atau pembungaan.

h. Bobot Buah Rata – rata Pertanaman

Dihitung dengan dengan cara menjumlahkan total berat buah per perlakuan. Perhitungan bobot buah menggunakan timbangan analitik. Bobot buah bertujuan untuk mengetahui perbedaan bobot buah antara tanaman yang diinokulasi CMV dan tanaman yang tidak diinokulasi CMV.



IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil

4.1.1 Reaksi Tanaman Indikator terhadap CMV

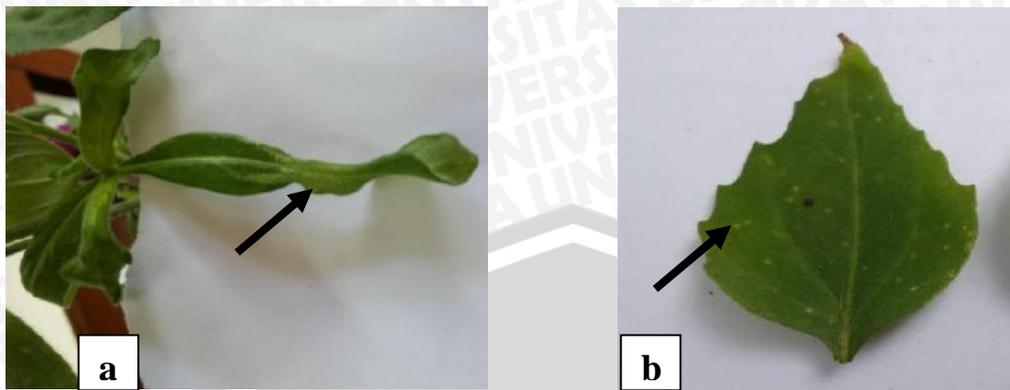
Tanaman indikator yang digunakan adalah tanaman yang rentan terhadap infeksi virus. Tanaman indikator bertujuan untuk mengidentifikasi gejala yang khas timbul setelah diinokulasi CMV dengan virus yang akan digunakan untuk percobaan. Identifikasi pada tanaman indikator dilakukan untuk mengetahui bentuk gejala yang keluar setelah diinokulasi oleh virus CMV.

Berdasarkan hasil pengamatan gejala virus yang ada pada tanaman indikator *Gomphrena globosa* dan *Chenopodium amaranticolor* mempunyai perbedaan masa inkubasi dan gejala yang disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Rata – rata Masa Inkubasi (hari) pada Tanaman Indikator

Tanaman Indikator	Masa Inkubasi (hari)	Gejala
<i>Gomphrena globosa</i>	9	Mosaik
<i>Chenopodium amaranticolor</i>	10	Lesio lokal

Gejala yang muncul oleh infeksi virus CMV pada daun *Gomphrena globosa* setelah diinokulasi CMV muncul gejala malformasi setelah 9 hari. Malformasi adalah perubahan bentuk daun yang tidak sempurna ditandai dengan daun yang menggulung kedalam, dan pigmen hijau (*klorofil*) berbaur dengan pigmen kuning (Gambar 3a). Sedangkan gejala yang muncul pada *Chenopodium amaranticolor* adalah lesio lokal (Gambar 3b). Lesio lokal adalah gejala infeksi virus dengan timbulnya gejala kerusakan jaringan pada bagian tanaman tertentu ditempat terjadinya infeksi virus. Menurut Komite Internasional Taksonomi Virus (ICTV), gejala yang ditimbulkan oleh *Chenopodium amaranticolor* yang terinfeksi virus menunjukkan gejala lesio lokal, oleh karena itu identifikasi yang dilakukan menunjukkan gejala yang sesuai



Gambar 3. Gejala CMV pada Daun Indikator
Keterangan: a. Gejala malformasi pada daun *Ghomphrena globosa*
b. Gejala lesio lokal klorosis pada daun *Chenopodium amaranticolor*

Menurut Muhidin (1993), inang utama virus CMV adalah tanaman cabai dan tomat. Gejala yang muncul oleh infeksi virus CMV daun berubah warna hijau dan bercak tidak rata atau mosaik, serta tanaman kerdil, mengkerut atau terjadinya pembengkakan jaringan.

Masa inkubasi yang berbeda pada tanaman indikator terjadi karena tanggapan tanaman terhadap infeksi virus berbeda dan keberhasilan virus dalam memperbanyak diri dalam jaringan tanaman. Keberhasilan virus dalam menginfeksi tanaman dapat terjadinya gangguan metabolisme tanaman. Gangguan metabolisme tersebut dapat menyebabkan rusaknya membran sel, gangguan aktivitas kerja enzim inang sehingga reaksi kimia sel inang yang menyimpang dan bersifat pasif. Pengaruh lingkungan juga berpengaruh terhadap perkembangan virus dalam tubuh tanaman.

4.1.2 Masa Inkubasi dan Gejala Infeksi CMV pada Tanaman Tomat

Berdasarkan hasil penelitian masa inkubasi penyakit pada tanaman tomat varietas permata yang terinfeksi CMV memiliki masa inkubasi yang berbeda, dapat dilihat pada lampiran 1. Pada umumnya, tanaman yang di beri perlakuan bakteri menunjukkan masa inkubasi penyakit mosaik yang lebih lama dibandingkan dengan tanaman yang tidak diberikan perlakuan bakteri (tanpa PGPR) yang disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Rata – rata Masa Inkubasi (hari) CMV pada Tanaman Tomat

Perlakuan	Rata – rata
<i>Pseudomonas fluorescens</i>	21.75 ab
<i>Azotobacter</i>	28.00 b
<i>Bacillus</i> sp.	22.50 ab
<i>Pseudomonas fluorescens</i> dan <i>Azotobacter</i>	48.50 e
<i>Pseudomonas fluorescens</i> dan <i>Bacillus</i> sp.	42.25 d
<i>Azotobacter</i> dan <i>Bacillus</i> sp.	35.50 c
Tanpa PGPR	20.25 a

Keterangan: Angka yang diikuti dengan huruf yang sama dibelakang angka menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji BNT pada taraf kesalahan 5%.

Berdasarkan sajian tabel di atas pengaruh aplikasi bakteri menunjukkan adanya kemampuan bakteri PGPR dalam memperlambat perkembangan CMV untuk memunculkan gejala. Sehingga masa inkubasi tanaman dengan aplikasi bakteri lebih lama dibandingkan dengan tanpa aplikasi bakteri.

Dengan melihat sajian tabel 2 diatas, masa inkubasi pada tanaman tomat berbeda nyata. Pada tanaman tomat varietas permata yang tidak diberikan aplikasi PGPR menunjukkan gejala dalam waktu 20.25 hari, sedangkan masa inkubasi yang lebih lama diantara yang lainnya adalah perlakuan bakteri PGPR kombinasi *P. fluorescens* dan *Azotobacter*.

Manfaat masa inkubasi yang panjang yaitu dapat mencegah tingkat keparahan gejala pada tanaman tomat. Masa inkubasi juga berkaitan erat dengan ketahanan tanaman terhadap serangan virus sehingga mempengaruhi lama virus menginfeksi tanaman. Menurut Hadiastono (2010), pergerakan dan penyebaran virus di dalam tanaman akan terjadi apabila ada kompatibilitas antara virus dan inangnya.

4.1.3 Intensitas Serangan CMV pada Tanaman Tomat

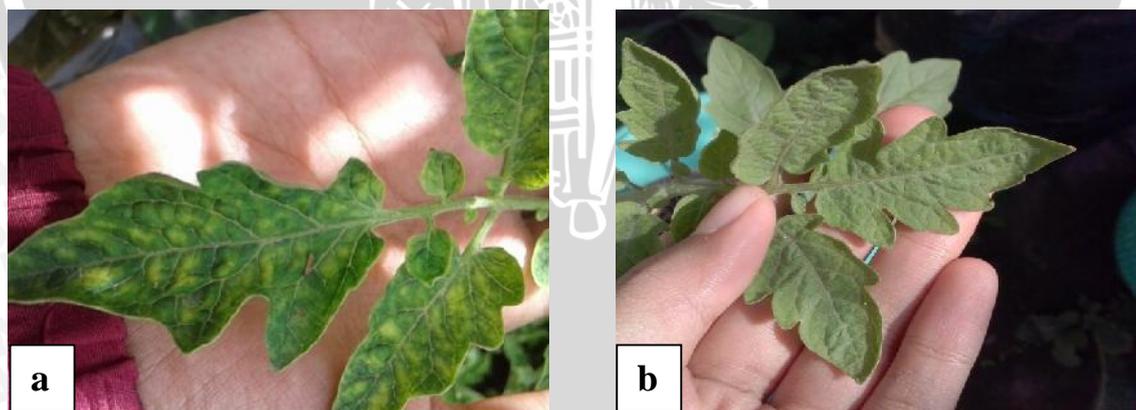
Berdasarkan hasil analisis data intensitas serangan CMV menunjukan adanya interaksi terhadap pemberian PGPR dan inokulasi CMV yang dapat dilihat pada Tabel 3. Perbedaan intensitas serangan ditunjukkan oleh tanaman tomat varietas permata dengan menggunakan aplikasi PGPR dan tidak diaplikasikan (Lampiran 2).

Tabel 3. Rata-Rata Intensitas Serangan (%) CMV pada Tanaman Tomat

Perlakuan	Intensitas Serangan (%)
<i>Pseudomonas fluorescens</i>	1.83 a
<i>Azotobacter</i>	4.81 e
<i>Bacillus</i> sp.	4.22 de
<i>Pseudomonas fluorescens</i> dan <i>Azotobacter</i>	1.48 a
<i>Pseudomonas. fluorescens</i> dan <i>Bacillus</i> sp.	2.52 bc
<i>Azotobacter</i> dan <i>Bacillus</i> sp.	2.86 c
Tanpa PGPR	7.48 f

Keterangan: Angka yang diikuti dengan huruf yang sama dibelakang angka menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji BNT pada taraf kesalahan 5%

Hal ini dapat menunjukkan adanya bakteri pada tanaman tomat dapat menghambat infeksi CMV. Rata – rata intensitas serangan CMV pada tanaman tomat diikuti dengan masa inkubasi. Semakin rendah rata – rata masa inkubasi maka intensitas serangan semakin tinggi. Tanaman tomat varietas permata dengan aplikasi bakteri tunggal *P. fluorescens*, *Azotobacter*, *Bacillus* sp. dan PGPR kombinasi menunjukkan tingkat keparahan penyakit lebih rendah dibandingkan dengan tanaman tomat tanpa aplikasi bakteri PGPR. Hal ini dapat menunjukkan bahwa pemberian bakteri PGPR tersebut baik tunggal maupun kombinasi dapat menurunkan tingkat serangan penyakit mosaik pada tanaman tomat yang disebabkan oleh CMV.



Gambar 4. Gejala CMV pada Daun Tomat

Keterangan: a. Gejala mosaik pada daun tomat
b. daun sehat

Berdasarkan tabel 3 intensitas serangan yang lebih tinggi dibandingkan dengan yang lain adalah tanpa perlakuan bakteri PGPR, sedangkan serangan yang lebih rendah dibandingkan dengan yang lain adalah aplikasi bakteri kombinasi *P.*

fluorescens dan *Azotobacter*. Perlakuan dengan menggunakan bakteri PGPR dapat menurunkan intensitas serangan penyakit yang disebabkan oleh virus CMV.

Perbedaan intensitas serangan CMV diduga karena faktor lingkungan yang mendukung virus bereplikasi dengan cepat. Menurut Roossinck (1991), semua strain CMV bereplikasi dengan optimal pada suhu 27°C. Namun pada inang yang terinfeksi sistemik perkembangan gejala biasanya membutuhkan waktu yang lebih lama untuk dapat bereplikasi dalam sel tanaman.

Hal ini didukung oleh Gardner *et al.* (1991), bahwa beberapa jenis bakteri PGPR juga merupakan penambat N₂ dari udara seperti *Azotobacter* yang jika berasosiasi dengan perakaran tanaman dapat membantu tanaman dalam memperoleh nitrogen melalui proses fiksasi nitrogen oleh mikroorganisme. Dengan demikian maka unsur hara yang dibutuhkan oleh tanaman akan terpenuhi dan dapat tumbuh dengan baik yang diikuti dengan kondisi lingkungan yang sehat, maka tanaman akan menjadi tahan terhadap serangan patogen. Menurut Leeman (1995), mengatakan bahwa keparahan penyakit pada tanaman dengan perlakuan bakteri PGPR akan lebih rendah (gejala lebih ringan) dibandingkan dengan tidak diperlakukan.

Menurut Soesanto (2008), metabolit sekunder yang dihasilkan oleh *P. fluorescens* antara lain siderofor, pretin, pirol, dan fenazin. Menurut Park *et al.* (2009) siderofor juga mampu mengimbas ketahanan sistemik tanaman. Sebagai salah satu agen pengendali patogen yang telah banyak dilaporkan, PGPR mampu menekan kejadian penyakit dikarenakan adanya senyawa metabolit yang dihasilkan dari masing – masing jenis bakteri.

Gejala infeksi yang disebabkan oleh CMV mulai terlihat pada saat tanaman berumur 3 MSI (minggu setelah inokulasi). Daun pada tanaman tomat yang terinfeksi CMV yaitu mosaik, hal ini dikemukakan oleh Boss (1990) bahwa gejala yang disebabkan oleh infeksi virus, pigmen kuning pada daun akan lebih dominan.

4.1.4 Pertumbuhan Tanaman Tomat

1. Jumlah daun

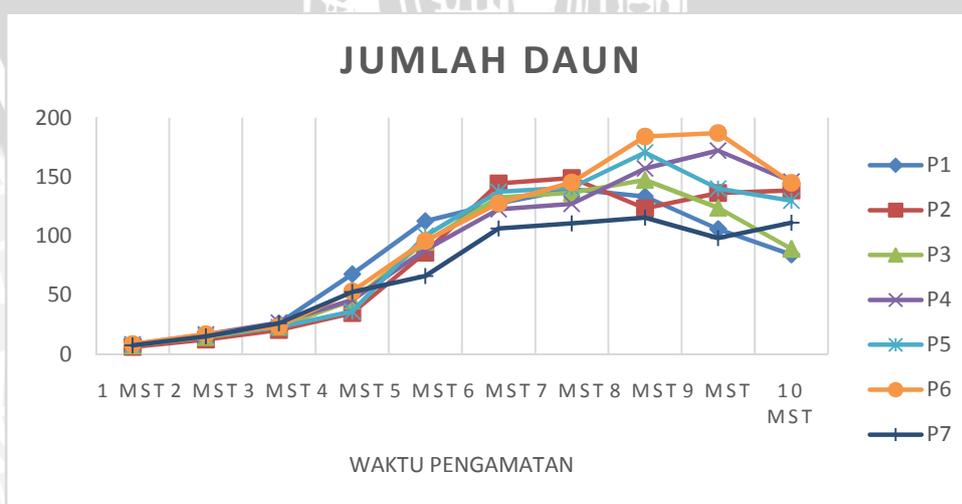
Berdasarkan hasil analisis data jumlah daun pada tanaman tomat varietas permata menunjukkan bahwa adanya infeksi CMV terhadap jumlah daun tidak berbeda nyata yang disajikan pada Lampiran 3. Jumlah daun dariminggu ke minggu tidak bertambah secara signifikan dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Rata – rata Pengaruh pemberian PGPR terhadap Jumlah Daun (helai) pada Tanaman Tomat varietas Permata

Perlakuan	Rata – rata
<i>P. fluorescens</i>	26.0
<i>Azotobacter</i>	20.5
<i>Bacillus</i> sp.	23.3
<i>P. fluorescens</i> dan <i>Azotobacter</i>	26.8
<i>P. fluorescens</i> dan <i>Bacillus</i> sp.	23.0
<i>Azotobacter</i> dan <i>Bacillus</i> sp.	23.5
Tanpa PGPR	26.3

Keterangan: Angka yang diikuti dengan huruf yang sama dibelakang angka menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji BNT pada taraf kesalahan 5%

Pada jumlah daun yang diberikan aplikasi bakteri PGPR menunjukkan perbedaan yang tidak nyata terhadap tanaman tomat (Lampiran 3). Dengan demikian, umumnya perlakuan PGPR kurang efektif dalam meningkatkan jumlah daun. Jumlah daun akan meningkat seiring dengan meningkatnya umur tanaman.



Grafik 1. Pertumbuhan Jumlah Daun Perminggu

Indikator umum yang dapat diamati pada tanaman tomat varietas permata yang terinfeksi virus adalah jumlah daun yang diamati setiap minggu. Pengamatan dilakukan agar mengetahui jumlah daun yang bertambah atau berkurang dan dibandingkan dengan tanaman yang diberi perlakuan bakteri PGPR dan tanaman kontrol.

2. Bobot Basah Tanaman

Berdasarkan hasil analisis data terhadap bobot basah tanaman tomat varietas permata pada perlakuan PGPR berbeda nyata yang dapat dilihat pada Tabel 5. PGPR dapat mempengaruhi bobot basah tanaman ditunjukkan oleh PGPR bakteri tunggal *Azotobacter* diikuti kombinasi *Azotobacter* dan *Bacillus* sp. dan *Bacillus* sp.. Pelakuan bakteri kombinasi dan tunggal yang berbeda nyata memiliki potensi signifikan untuk meningkatkan bobot basah pada tanaman tomat (Lampiran 4).

Tabel 5. Rata – rata Pengaruh pemberian PGPR terhadap Bobot Basah (gram) Tanaman Tomat varietas Permata

Perlakuan	Rata – rata
<i>P. fluorescens</i>	173.78 ab
<i>Azotobacter</i>	319.70 c
<i>Bacillus</i> sp.	187.70 b
<i>P. fluorescens</i> dan <i>Azotobacter</i>	150.85 a
<i>P. fluorescens</i> dan <i>Bacillus</i> sp.	170.68 ab
<i>Azotobacter</i> dan <i>Bacillus</i> sp.	201.78 b
Tanpa PGPR	146.45 ab

Keterangan: Angka yang diikuti dengan huruf yang sama dibelakang angka menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji BNT pada taraf kesalahan 5%

Pada tabel 5 menunjukkan bahwa semua perlakuan PGPR menunjukkan perbedaan yang signifikan terhadap bobot basah tanaman kontrol. Hal ini menyatakan bahwa adanya pengaruh aplikasi bakteri PGPR pada tanaman tomat varietas permata. Sehingga rata – rata bobot basah lebih besar pada tanaman yang diberikan aplikasi PGPR dibandingkan dengan tanaman yang tidak diberi aplikasi PGPR. Perlakuan aplikasi bakteri tunggal *Azotobacter* menunjukkan hasil yang lebih tinggi 319.70 g, diikuti oleh aplikasi bakteri kombinasi *Azotobacter* dan *Bacillus* sp. 201.78 g dan bakteri tunggal *Bacillus* sp. 187.70 g.

Bakteri *Azotobacter* dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman karena memiliki kemampuan untuk menghasilkan zat pengatur tumbuh (ZPT) yaitu

giberelin (Tarafdar dan Marschner, 1994). Fungsi giberelin adalah membantu pembentukan tunas/ embrio, Jika embrio terkena air, embrio menjadi aktif dan melepaskan hormon giberelin (GA). Produksi giberelin yang paling besar berada pada akar dan daun muda. Giberelin juga mempunyai pengaruh pada batang tanaman untuk merangsang pemanjangan dan pembelahan sel batang.



Gambar 5. Penimbangan bobot basah tanaman

Dapat disimpulkan bahwa penggunaan aplikasi bakteri tunggal *Azotobacter* dalam PGPR dapat meningkatkan pertumbuhan. Bobot basah berkaitan dengan transportasi fotosintat ke daerah pemanfaatan seperti daun dan batang. Jumlah daun dapat mempengaruhi jumlah fotosintat yang dihasilkan. Salisbury dan Ross (1995) mengemukakan bahwa kebanyakan tumbuhan mencurah sebagian biomassa pada tajuk oleh karena itu, penyerapan garam dan mineral sebagian besar oleh tajuk, sedangkan daun berpengaruh sebagai tempat fotosintesis.

3. Bobot Kering Tanaman

Berdasarkan hasil analisis data terhadap bobot kering tanaman tomat varietas permata pada perlakuan PGPR berbeda nyata. Tanaman tomat yang diberikan perlakuan bakteri PGPR mempunyai bobot kering yang lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan tanpa kontrol atau tanpa PGPR (Tabel 6).

Tabel 6. Rata – rata Pengaruh pemberian PGPR terhadap Bobot Kering (gram) Tanaman Tomat varietas Permata

Perlakuan	Rata – rata
<i>P. fluorescens</i>	49.75 bc
<i>Azotobacter</i>	89.25 e
<i>Bacillus</i> sp.	69.53 d
<i>P. fluorescens</i> dan <i>Azotobacter</i>	51.68 c
<i>P. fluorescens</i> dan <i>Bacillus</i> sp.	48.50 b
<i>Azotobacter</i> dan <i>Bacillus</i> sp.	47.05 b
Tanpa PGPR	37.90 a

Keterangan: Angka yang diikuti dengan huruf yang sama dibelakang angka menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji BNT pada taraf kesalahan 5%

Perlakuan isolat tunggal *Azotobacter* memiliki rata – rata bobot kering tanaman tomat lebih banyak dibandingkan dengan perlakuan bakteri yang lainnya (Lampiran 5). Jika dibandingkan dengan perlakuan kontrol tanpa perlakuan bakteri PGPR , hanya isolat tunggal *Azotobacter* dapat meningkatkan bobot kering tanaman tomat varietas permata. Hasil penelitian Pedro *et al.* (1996) menunjukkan bahwa inokulasi PGPR terhadap benih meningkatkan bobot kering tanaman pada suhu rendah.



Gambar 6. Penimbangan bobot kering tanaman

Berat kering dilakukan untuk mengetahui asimilat yang ada pada tanaman. asimilat adalah hasil dari fotosintesis yang berfungsi untuk pembentukan organ tanaman. Bahan yang tertinggal dalam tanaman yang telah dipanaskan, sehingga hampir seluruh air menguap disebut bahan kering. Komponen utama bahan kering adalah polisakarida ditambah komponen seperti protein, lipid, asam amino serta

unsur tertentu seperti kalium berbentuk ion, yang menjadi bagian yang tidak penting dari senyawa organik (Salisbury dan Ross, 1995). Bobot kering biasanya dijadikan indikator bahwa semakin baik pertumbuhan tanaman semakin baik pula bobot kering tanamannya.

4.1.5 Produksi Tanaman Tomat

1. Jumlah Buah

Berdasarkan hasil analisa data jumlah buah tidak berpengaruh nyata terhadap perlakuan bakteri PGPR. Rata – rata jumlah buah pada semua perlakuan bakteri PGPR dapat dilihat pada Tabel 7. Buah mengalami malformasi yakni berubahnya bentuk buah yang tidak sempurna. Menurut Department Ilmu Tanaman Illinois (1999), buah yang terserang virus CMV akan menunjukkan gejala belang antara warna hijau dan kuning atau warna hijau tua menonjol seperti kutil di permukaan warna hijau muda kulit buah

Tabel 7. Rata – rata Pengaruh pemberian PGPR terhadap Jumlah Buah Tanaman Tomat varietas Permata

Perlakuan	Rata – rata
<i>P. fluorescens</i>	9.8
<i>Azotobacter</i>	9.0
<i>Bacillus</i> sp.	10.8
<i>P. fluorescens</i> dan <i>Azotobacter</i>	10.8
<i>P. fluorescens</i> dan <i>Bacillus</i> sp.	9.5
<i>Azotobacter</i> dan <i>Bacillus</i> sp.	11.0
Tanpa PGPR	11.5

Keterangan: Angka yang diikuti dengan huruf yang sama dibelakang angka menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji BNT pada taraf kesalahan 5%

Berdasarkan perhitungan statistik pada tabel 7, jumlah buah tidak berbeda nyata pada setiap perlakuan bakteri PGPR. Oleh karena itu, tiap – tiap perlakuan bakteri menghasilkan jumlah buah rata – rata yang tidak berbeda nyata secara statistik. Rata –rata jumlah buah yang sama diduga pengaruh virus tidak menyerang pembentukan buah tomat, namun menghambat periode pembentukan buah. Namun tanaman yang terinfeksi virus secara langsung akan mengganggu proses metabolisme tanaman sehingga mengakibatkan gangguan terhadap pertumbuhan dan menghambat pertumbuhan.

Menurut Sastrahidayat (1990), semakin muda umur tanaman terinfeksi virus maka metabolisme tanaman terganggu mengakibatkan pembentukan cabang berkurang dan pembentukan bunga menjadi tidak sempurna dan mempengaruhi jumlah buah. Menurut Duriat (1995) bahwa secara biologis maupun fisiologis tanaman yang terserang virus akan berkembang tidak secara penuh.

2. Bobot Buah Rata-rata Pertanaman

Berdasarkan hasil analisis data bobot buah pada semua perlakuan menunjukkan perbedaan yang nyata antar perlakuan kontrol (tanpa PGPR) dengan perlakuan isolat tunggal *P. fluorescens*, *Azotobacter*, *Bacillus* sp. serta isolat kombinasi antara dari *P. fluorescens*, *Azotobacter*, *Bacillus* sp. yang disajikan pada Tabel 8.

Tabel 8. Rata – rata Pengaruh pemberian PGPR terhadap Bobot Buah Tanaman Tomat varietas Permata

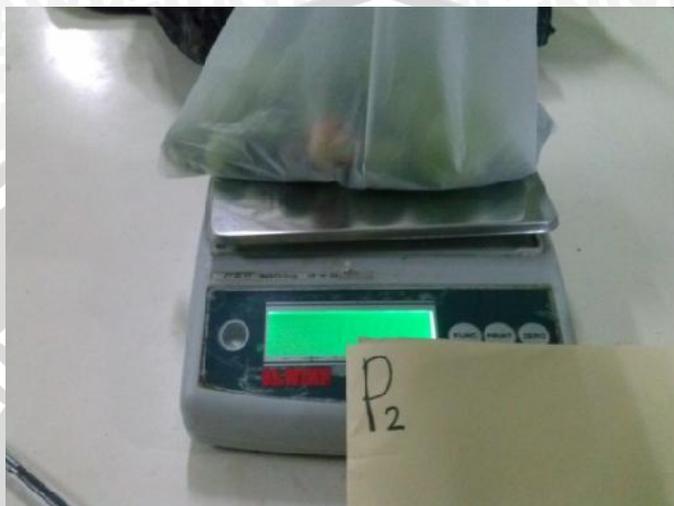
Perlakuan	Rata – rata
<i>P. fluorescens</i>	763.68 e
<i>Azotobacter</i>	341.58 ab
<i>Bacillus</i> sp.	260.80 a
<i>P. fluorescens</i> dan <i>Azotobacter</i>	548.23 cd
<i>P. fluorescens</i> dan <i>Bacillus</i> sp.	473.60 bc
<i>Azotobacter</i> dan <i>Bacillus</i> sp.	706.10 de
Tanpa PGPR	435.65 abc

Keterangan: Angka yang diikuti dengan huruf yang sama dibelakang angka menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji BNT pada taraf kesalahan 5%

Dari tabel 8 yang disajikan diatas, dapat menunjukkan bahwa perlakuan isolat tunggal *P. fluorescens*, isolat kombinasi bakteri *P. fluorescens* dan *Azotobacter*, dan isolat kombinasi bakteri *Azotobacter* dan *Bacillus* sp. berbeda nyata dengan perlakuan kontrol tanpa PGPR, yang artinya isolat tunggal perlakuan isolat tunggal *P. fluorescens*, isolat kombinasi bakteri *P. fluorescens* dan *Azotobacter*, dan isolat kombinasi bakteri *Azotobacter* dan *Bacillus* sp. mampu meningkatkan bobot buah secara signifikan pada tanaman tomat jika dibandingkan dengan perlakuan kontrol tanpa PGPR yang dilihat pada Lampiran 6.

Perlakuan *P. fluorescens* dan isolat kombinasi antara *Azotobacter* dan *Bacillus* sp. mempunyai tingkat kemampuan yang sama dalam meningkatkan

bobot buah rata – rata pertanaman. Hal ini didukung dengan hasil penelitian Maria (2010) yang menunjukkan bahwa perakuan PGPR umumnya dapat menghasilkan bobot buah tomat yang lebih banyak jika dibandingkan dengan tanaman tomat tanpa perlakuan PGPR.



Gambar 7. Penimbangan bobot buah pertanaman

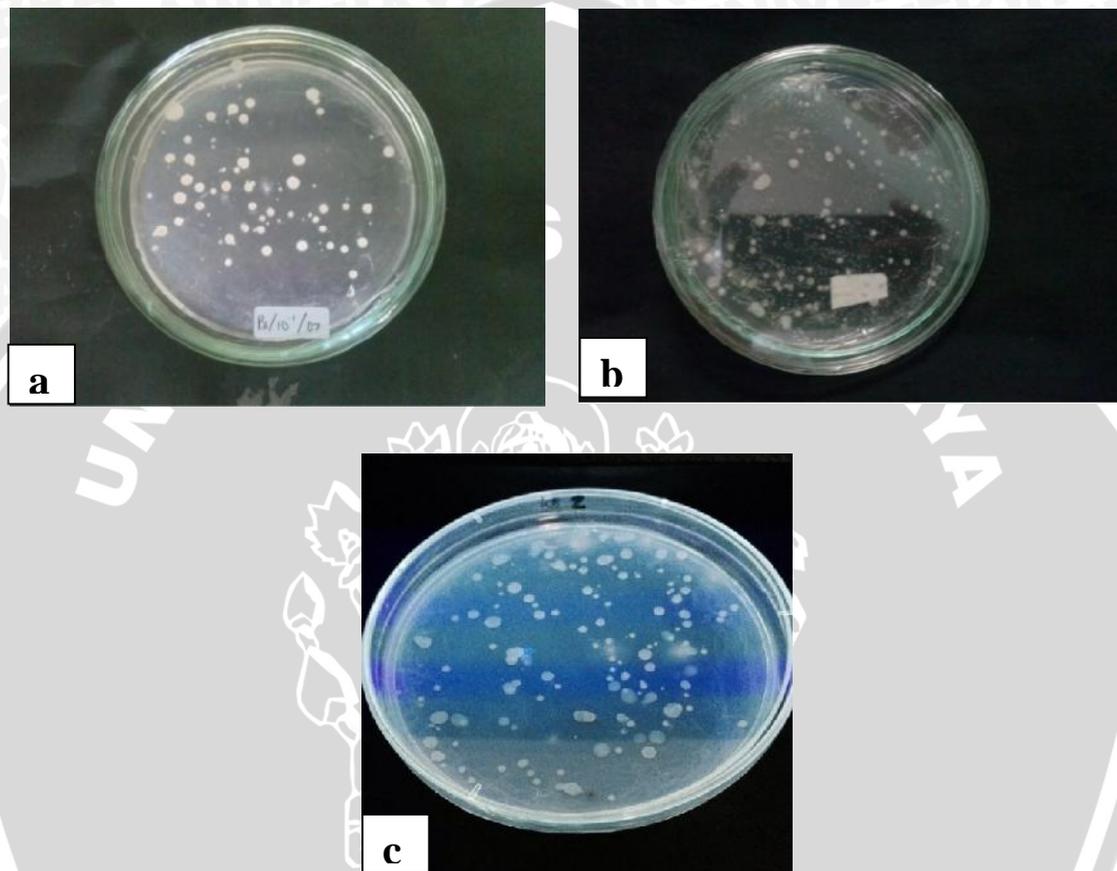
Gholami *et al.*(2009), menyatakan bahwa benih tanaman tomat yang diinokulasi dengan *Pseudomonas*, dan *Azotobacter* meningkatkan pertumbuhan dan produktivitas tomat melalui sintesis fitohormon, meningkatkan serapan hara sekitar akar, mendukung penyerapan hara melalui penurunan tingkat keracunan logam berat dan melawan patogen.

4.1.6 Pertumbuhan Bakteri pada Perakaran Tanaman

Pengamatan pertumbuhan PGPR pada perakaran tanaman tomat dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui pertumbuhan bakteri dalam tanah setelah diaplikasikan apakah masih tumbuh didalam perakaran tanaman. Dengan adanya pengamatan pada perakaran tanaman tomat ini akan diketahui bahwa PGPR adalah berperang penting terhadap intensitas serangan CMV, pertumbuhan dan produksi pada tanaman tomat varietas permata.

Media yang digunakan pada penelitian ini adalah Nutrien Agar (NA), Kings B, dan Ashby Medium. Media NA digunakan untuk media pertumbuhan bakteri *Bacillus* sp., Kings B untuk media pertumbuhan bakteri *P. fluorescens*,

sedangkan media Ashby Medium untuk media pertumbuhan bakteri *Azotobacter*. Sedangkan isolat yang kombinasi diisolasikan pada media selektif masing – masing. Pada hasil pengamatan dapat dilihat pada gambar menunjukkan bahwa pada sampel tanah terdapat bakteri yang tumbuh pada media isolasi.



Gambar 8. Bentuk Koloni Bakteri
Keterangan: (a). *Bacillus* sp. (b). *Azotobacter*, (c) *Pseudomonas fluorescens*

Bentuk koloni tiap bakteri berbeda – beda, bentuk koloni *P. fluorescens* pada media kings B koloni berwarna kuning dan permukaan koloni mengkilat. Bakteri *Azotobacter* mempunyai koloni berwarna bening pada media Ashby medium. Sedangkan bakteri *Bacillus* sp. mempunyai koloni yang muncul pada media NA berwarna kuning.

Tabel 9. Hasil Pengamatan Jumlah Koloni Bakteri PGPR 30 dan 60 HST

Perlakuan	Kerapatan Bakteri (cfu/ml)	
	30 HST	60 HST
<i>P. fluorescens</i>	$2,5 \times 10^{12}$	$3,6 \times 10^{12}$
<i>Azotobacter</i>	$7,9 \times 10^{11}$	$8,7 \times 10^{11}$
<i>Bacillus</i> sp.	$2,1 \times 10^{12}$	$3,4 \times 10^{12}$
<i>P. fluorescens</i> dan <i>Azotobacter</i>	$2,8 \times 10^{12} + 7,2 \times 10^{12}$	$3,82 \times 10^{12} + 8,1 \times 10^{12}$
<i>P. fluorescens</i> dan <i>Bacillus</i> sp.	$2,5 \times 10^{12} + 9,1 \times 10^{12}$	$4,1 \times 10^{12} + 9,2 \times 10^{12}$
<i>Azotobacter</i> dan <i>Bacillus</i> sp.	$7,4 \times 10^{11} + 7,2 \times 10^{11}$	$7,9 \times 10^{11} + 7,9 \times 10^{11}$

Berdasarkan Tabel 9 dapat dilihat bahwa pengamatan pada 30 hst dan 60 hst bakteri pada perakar tanaman berkembang. Kerapatan bakteri pada sampel tanah dekat perakaran tanaman yang digunakan untuk pengamatan menunjukkan adanya peningkatan pada jumlah bakteri yang ada pada perakaran tanaman. Hal ini disebabkan oleh tanah yang lembab dan baik untuk tempat berkembangnya bakteri PGPR pada perakaran tanaman.

Pengamatan bakteri dilakukan setelah diinkubasi 1 – 3 hari. Hasil pengamatan yang dilakukan dapat dilihat pada tabel 9 dan 10 bahwa jumlah koloni bakteri yang telah diisolasi mempunyai kerapatan yang berbeda. Pada hasil pengamatan dapat menunjukkan bahwa aplikasi bakteri PGPR tumbuh pada perakaran tanaman tomat. Bakteri PGPR yang tumbuh didalam tanah dapat diduga mempunyai peran penting dalam menghambat pertumbuhan infeksi CMV, pertumbuhan tanaman, dan produksi tanaman tomat.

4.2 Pembahasan

4.2.1 Pengaruh Perlakuan terhadap Pertumbuhan Tanaman Tomat

Pertumbuhan tanaman tomat varietas permata dengan perlakuan bakteri PGPR mampu menekan kejadian penyakit dan munculnya gejala CMV. Data pada Tabel 2 memperlihatkan bahwa perlakuan bakteri PGPR tunggal dan kombinasi dapat mencegah infeksi virus pada waktu dilakukan inkokulasi virus secara mekanis, menghambat pergerakan virus dari sel yang telah berhasil diinfeksi ke bagian sel lainnya atau menghalangi pergerakan virus secara sistemik keseluruhan bagian tanaman tomat varietas permata (Taufik, 2005).

Intensitas serangan pada tanaman tomat varietas permata dengan perlakuan PGPR menunjukkan hasil berbeda nyata (Tabel 3). Tanaman tomat yang diberi perlakuan PGPR juga dapat menurunkan tingkat keparahan virus. Menurut Taufik (2005) tanaman yang diberikan perlakuan PGPR mampu menginduksi ketahanan tanaman. Dengan demikian tanaman tomat dapat mereduksi atau menekan kejadian penyakit dan munculnya gejala.

Pada bobot basah tanaman dan bobot kering tanaman menunjukkan perbedaan nyata dan signifikan pada tanaman tomat varietas permata (Tabel 5 dan Tabel 6). PGPR mampu meningkatkan pertumbuhan tanaman secara langsung melalui hormon-hormon pertumbuhan yang dihasilkan seperti Giberilin (GAs) dan *indole-3-acetic acid* (IAA) (Barazani & Friedman 1999; Glickman *et al.* 1997). Disamping itu, PGPR juga mampu mensintesis sitokinin dan beberapa fitohormon lain (Nelson 2004). Oleh karena itu, umumnya tanaman yang diberi perlakuan PGPR mempunyai bobot basah dan bobot kering yang lebih besar dibandingkan dengan perlakuan kontrol (tanpa PGPR).

Bobot buah rata-rata pertanaman memiliki hasil yang berbeda nyata (Tabel 8). Di dukung oleh pernyataan Maria (2010), bahwa tanaman yang diberikan perlakuan PGPR umumnya dapat menghasilkan bobot buah tomat dibandingkan tanaman tomat yang tidak diberikan perlakuan PGPR.

Pengamatan bakteri pada perakaran tanaman dilakukan untuk mengetahui pertumbuhan bakteri dalam tanah setelah diaplikasikan. Hasil pengamatan yang dilakukan dapat diketahui bahwa bakteri didalam tanah berkembang (Tabel 9). Hal ini dikarenakan tempat bakteri tinggal cocok dengan pertumbuhan atau

perkembang biakkan bakteri. Bakteri-bakteri yang hidup di sekitar perakaran ada yang menguntungkan. Aktivitas rizobakteria ini memberi keuntungan langsung maupun tidak langsung. Pengaruh langsung PGPR ini didasarkan atas kemampuannya menyediakan dan memobilisasi atau memfasilitasi penyerapan berbagai unsur hara dalam tanah serta mensintesis dan mengubah konsentrasi berbagai fitohormon pemacu tumbuh (Husen *et al.*, 2006).

Perlakuan PGPR adalah cara yang cukup baik untuk digunakan dalam perlindungan tanaman karena PGPR dapat diaplikasikan ke benih atau diaplikasikan langsung ke dalam tanah untuk pembibitan atau saat pindah tanam. Infeksi CMV pada tanaman tomat varietas permata yang diberikan perlakuan PGPR mampu menurunkan gejala serangan pada tanaman tomat. Penelitian ini telah membuktikan bahwa perlakuan bakteri PGPR dapat menjadi alternatif pengendalian selain pestisida kimia yang mampu melindungi tanaman secara sistemik terhadap infeksi virus.

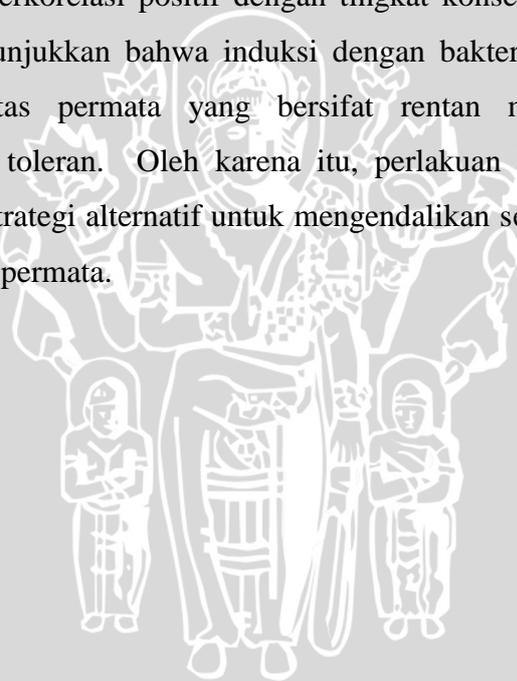
Van Loon *et al.* (1998) menyimpulkan bahwa keuntungan utama penggunaan PGPR adalah induksi ketahanan sistemik dapat dilakukan dalam satu kali aplikasi, mekanisme ketahanan alami akan bekerja untuk periode yang lama meskipun populasi bakteri penginduksi semakin lama semakin menurun. Kondisi tanaman yang telah diberikan perlakuan PGPR memiliki sistem metabolisme yang lebih baik sehingga adanya inokulasi CMV tidak menyebabkan tanaman berada dalam keadaan stress atau tercekam.

Sebaliknya, tanaman yang tidak diberi perlakuan PGPR menjadi sangat tercekam pada saat diinokulasi virus sehingga tanaman meresponnya secara cepat dengan memobilisasi metabolit sekunder seperti asam salisilat untuk melawan infeksi virus. Asam salisilat diketahui merupakan salah satu sinyal transduksi untuk mengaktifasi gen-gen pertahanan tanaman melalui mekanisme ketahanan sistemik terinduksi. Mekanisme ketahanan melalui jalur asam salisilat berhubungan dengan protein-protein yang terkait dengan patogenesis (PR protein) seperti kitinase, peroksidase, -glukanase dan PR-1 (Corina *et al.*, 2009). Akumulasi asam salisilat menjadi sinyal untuk mengaktifasi gen-gen yang mengkode PR-protein yang digunakan untuk melawan infeksi patogen. Asam salisilat berinteraksi dengan banyak reseptor dan atau penyandi lintasan yang aktif

pada berbagai kondisi untuk menyebabkan efek kematian dan atau pertumbuhan sel (Taufik, *et.al.*, 2010).

Mekanisme ketahanan ini efektif melawan berbagai macam patogen seperti bakteri, cendawan, dan virus (Ryals *et al.* 1996). Hal tersebut sesuai dengan laporan Agrios (1997) yang menunjukkan bahwa tanaman yang mengalami cekaman faktor abiotik dan biotik menampakkan respon peningkatan aktivitas peroksidase. Selain itu peningkatan aktivitas enzim peroksidase dipengaruhi juga oleh adanya serangan virus. Menurut Zhou dkk. (1992) ekspresi meningkatnya aktifitas enzim peroksidase diakibatkan tanaman terinfeksi patogen termasuk virus yang akan berkorelasi dengan tingkat ketahanan terhadap virus.

Menurut Nicks (1993) tingkat kerusakan atau gejala yang muncul pada tanaman tidak selalu berkorelasi positif dengan tingkat konsentrasi virus dalam tanaman. Hal ini menunjukkan bahwa induksi dengan bakteri PGPR membuat tanaman tomat varietas permata yang bersifat rentan meningkat derajat ketahanannya menjadi toleran. Oleh karena itu, perlakuan PGPR baik untuk diaplikasikan sebagai strategi alternatif untuk mengendalikan serangan virus pada tanaman tomat varietas permata.



V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa::

1. PGPR dengan isolat tunggal *P. fluorescens*, *Azotobacter*, dan *Bacillus* sp. serta bakteri PGPR kombinasi *P. fluorescens* dan *Azotobacter* *P. fluorescens* dan *Bacillus* sp. dan *Azotobacter* dan *Bacillus* sp. dapat menurunkan intensitas serangan CMV pada tanaman tomat varietas permata.
2. Tanaman tomat varietas permata yang diberikan perlakuan bakteri PGPR kombinasi *P. fluorescens* dan *Azotobacter* mempunyai masa inkubasi lebih panjang daripada perlakuan bakteri tunggal dan kombinasi yang lainnya.
3. PGPR dengan isolat tunggal dan kombinasi tidak mempengaruhi pertumbuhan jumlah daun pada tanaman tomat.
4. PGPR dengan isolat tunggal *Azotobacter* dapat meningkatkan bobot basah dan bobot kering pada tanaman tomat.

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat disarankan agar penelitian ini dilakukan di lapang. Dilakukan dengan pengujian keefektifan bakteri PGPR dengan infeksi alami, sehingga dapat diketahui pengaruh PGPR pada tanaman jika diaplikasikan dilapang.

DAFTAR PUSTAKA

- Abadi, A. L. 2003. Ilmu Penyakit Tumbuhan Jilid 3. Bayumedia. Malang. 135 hal.
- Abadi, A. L. 2003. Ilmu Penyakit Tumbuhan Jilid 2. Bayumedia. Malang. 147 hal.
- Agrios, G. N. 1996. Ilmu Penyakit Tumbuhan. Edisi ketiga. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta. 695 hal.
- Agrios, G.N. 2005. Plant Pathology. Elsevier Academic Press. London. 147 hal.
- Ashrafuzzaman M; FA Hossen; M Razi Ismail; MA Hoque; M Zahurul Islam; SM Shahidullah; S Meon. 2009. Efficiency of plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR) for the enhancement of rice growth. Afr J Biotechnol 8:1247-1252 hal.
- Asniwita. 2010. Pengujian Ketahanan Beberapa Genotip Cabai terhadap *Cucumber Mosaic Virus* (CMV). Percikan: Vol 111 Edisi April 2010
- Balai Penelitian Tanaman Hias. 2004. Mikroba Antagonis Sebagai Agen Hayati pengendalian Penyakit Tanaman. BPTH: Cianjur
- Balaji, S. ;A. I Bhat.; dan S. J Eapen. 2008. A Phylogenetic Reexamination of *Cucumber Mosaic Virus* Isolates Based On 1a, 2a, 3a And 3b Proteins. Indian J. Virol. 19 (1): 17-25
- Balcis, E. 2005. Genetic Characterization of *Cucumber Mosaic Virus* Resistance in Tomato and Pepper. Izmir Institute of Technology.
- Balfas, R. 2009. Status Penelitian Serangga Vektor Penyakit Kerdil Pada Tanaman Lada. Perspektif Vol. 8 (1) juni 2009. 42-51 hal.
- Batara, E. 2004. Seleksi Isolat Lemah Virus Mosaik Ketimun-Satelit RNA-5 dari Tanaman Ketimun. Digital Library. Universitas Sumatera Utara
- Boss, L. 1990. Pengantar Virologi Tumbuhan. Gajah Mada University Press. Yogyakarta. 226 hal.
- Dawson, W., 1999. Tobacco Mosaic Virus Virulence and Avirulence. *Phil. Trans.*. London: The Royal Society. 645-651 hal.
- Desmawati. 2006. Pemanfaatan *Plant Growth Promoting Rhizobacteria* (PGPR) Prospek Lingkungan dalam Berusahatani Tanaman Hortikultura. Tesis. Pascasarjana IPB: Bogor. (tidak dipublikasikan).

- Duriat, A.S. dan S. Sastrosiswojo. 1995. Pengendalian hama penyakit terpadu pada budidaya cabai. Agribisnis Cabai. Penebar Swadaya. 98-121 hal.
- Ferreira, S.A. and A. B Rebecca. 1992. *Cucumber Mosaic Virus*. Department of Plant Pathology, CTAHR. University of Hawaii at Manoa.
- Gallitelli D. 1995. Present status of controlling cucumber mosaic virus. In: Khetarpal RK, Kagonezawa H, Hadidi A, Ed. *Control of Plant Virus Diseases*. APS Press, St. Paul, MN, USA.
- Gardner, F. P; R. B.Pearce; dan R. L. Mitchel. 1991. Fisiologi Tanaman Budidaya. ED. Bahasa Indonesia. Universitas Indonesia.
- Gonzalves, D. and S.M. Garnsey. 1989. Cross Protection Techniques For Control of Plant Virus Diseases in The Tropic. *Plant. Dis. Rep.* 73(7): 592 – 597.
- Gibbs, A. and B. Harrison,. 1976. *Plant Virology The Principle*. John Willey and Sons. New York. 11 hal.
- Hadiastono, T. 2010. *Virologi Tumbuhan Dasar*. Fakultas Pertanian. Universitas Brawijaya. Malang. 84 hal.
- Khalimi K dan GNAS Wirya. 2009. Pemanfaatan *Plant Growth Promoting Rhizobacteria* untuk *biostimulants* dan *bioprotectants*. (on-line). <http://ejournal.unud.ac.id>. Diakses 19 Februari 2014.
- Lecoq H; F. Dalmont; L Fabre; Guilbaud dan , M. A Jacquemond. 2009. Comparative whitefly transmission of *Tomato chlorosis virus* and *Tomato infectious chlorosis virus* from single or mixed infectious. *J.Plant Pathology*, 58: 221-227.
- Leeman, M., J. A; F. M Van Pelt; M. Den Quden; Heinsbroek; P. A. H. M.Baker; dan B. Schippers. 1995. Induction of Systemic Resistance Against Fusarium Wilt Radish by Lipopolysaccharides of *Pseudomonas fluorescens*. *Phytopathology* 85: 1021 – 1027 hal.
- Lilik, R., Wibowo dan B.S., Irwan. 2013. Pemanfaatan Agens Antagonis dalam Pengendalian Penyakit Tanaman Pangan dan Hortikultura. <http://www.bbopt.litbang.deptan.go.id> akses 27 Januari 2014.
- Listiani, R. 2006. Pemanfaatan rizobakteri pemacu pertumbuhan tanaman (RPPT) untuk menegndalikan penyakit kerdil pisang (Banana Bunchy Top). Jurusan Hama Penyakit Tumbuhan Fakultas Pertanian Institut Pertanian Bogor. Bogor.

- Maria, S. 2010. Pengaruh Aplikasi Bakteri Perakaran Pemacu Pertumbuhan Tanaman pada Tiga Genotipe Cabai (*Capsicum annum* L.) terhadap pertumbuhan Tanaman serta Kejadian Penyakit Penting Cabai (skripsi). Jurusan Hama Penyakit Tumbuhan Fakultas Pertanian Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Millan, Mc. S. 2007. Promoting Growth With PGPR. The Canadian Organic Grower. Vol 7. hal 205 – 219.
- Muhidin. 1993. Dasar Hama dan Penyakit Tumbuhan. Universitas Muhammadiyah. Malang
- Murayama, D.; O. M Hari; I. Tadao; K. Ikuo; S. Eishiro; T. Keiichi; T. Tsuneo; dan Triharso. 1998. Plant Viruses In Asia. Universitas Gadjah Mada Press. Hlm. 548-550 Murayama, D., Hari O. M., Tadao I., Ikuo K., Eishiro S., Keiichi T., Tsuneo T., dan Triharso. 1998. Plant Viruses In Asia. Universitas Gadjah Mada Press. 548-550.
- Murant, A.F. and A.M Mayo., 1982. Satellites of Plant Viruses. Ann. Rev. Phytopathologi. 20 (3) : 47-70 hal.
- Murphy, J.F; D. J.Zehnder; E.J Schuste; J.E Sikora; Polston, and J.W Kloepper. 2000. Plant Growth- Promoting Rhizobacterial Mediated Protection in Tomato Against Tomato Mottle Virus. *Plant Dis.* 84:779-784.
- Nelson LM. 2004. Plant growth promoting rhizobacteria (PGPR): Prospects for New Inoculants. *Crop Management*.
- Nicks, R.E., P.R. Ellis, and J.E. Palevliet. 1993. Resistance to Parasites. Pp. : 442-447. In M.D. Hayward, N.O. Bosemark, and I. Romagosa (Eds.) *Plant Breeding Principles and Prospects*. Chapman and Hall. London.
- Park, K. H.; C.Y Lee; dan H.J Son. 2009. Mechanism of Insoluble Phosphate Solubilization by *Pseudomonas fluorencens* RAF15 Isolated from Ginseng Rhizosphere and its Plant Growing-promoting Activities. *Letters in Applied Microbiology*.49 (2): 222-228 hal.
- Rahni, N.M. 2012. Efek Fitohormon PGPR terhadap Pertumbuhan Tanaman Jagung (*Zea Mays*). Sulawesi Tenggara.
- Roossinck, M. J. 1991. Temperature-sensitive Replication of *Cucumber Mosaic Virus* in Muskmelon (*Cucumis melo* cv. Iroquois), maps to RNA 1 of a slow strain. *Jurnal of General Virology*, (72) :1747-1750
- Ryals J *et al.* 1996. Systemic acquired resistance. *Plant Cell* 8 :1809-1819.

- Sastrahidayat, I. R. 1990. Ilmu Penyakit Tumbuhan. Usaha Nasional : Surabaya. 365 hal.
- Salisbury, F. B dan C.W Ross. 1995. Fisiologi Tumbuhan. Terjemahan Diah R Lukman. Penerbit ITB Bandung.
- Semangun, H. 2000. Penyakit - Penyakit Tanaman Hortikultura Di Indonesia. Universitas Gajdah Mada. Yogyakarta. 850 hal
- Semangun, H. 1996. Pengantar Ilmu Penyakit Tumbuhan. Universitas Gajdah Mada. Yogyakarta.
- Soesanto, L. 2008. Pengendalian Pengantar Hayati Penyakit Tanaman. Rajagrafindo Persada. Jakarta. 53 hal.
- Supriadi. 2006. Analisis Resiko Agen Hayati Untuk Pengendalian Patogen Tanaman. J. Litbang Pertanian 25(3): 75 – 80 hal.
- Tarafdar, J.C., dan H. Marschner. 1994, Phosphatase Activity In The Rhizosphere and Hyphosphere of VA Mycorhizal Wheat Supplied With Inorganic and Organic Phosphorus, *Soil Biol. Biochemistry*. Vol 7 (3): 387-395.
- Taufik, M.; H Sri; S. Sriani; S. Gede; dan M.S Sientje. 2007. Ketahanan Beberapa Kultivar Cabai Terhadap *Cucumber Mosaic Virus* dan *Chilli Veinal Mottle Virus*. J. HPT Tropika. Vol 7 (2) : 130-139.
- Van Loon LC.; PAHM. Bakker; M.J Pieterse. 1998. Systemic resistance induced by rhizobacteria. *Ann Rev Phytopathol* 36:453-483.
- Wahyuni, W.S. 2005. Dasar-dasar Virologi Tumbuhan. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Walkey, D. 1991. Applied Plant Viruses. Edisi ke-2. London: Chapman Hall.
- Zehnder GW.; C. Yao; JF. Murphy; E.R Sikora; JW. Kloepper. 2000. Induction of resistance in tomato against cucumber mosaic cucumovirus by plant growthpromoting rhizobacteria. *Biol. Cont.* 45:127-137
- Zhou, B.W., S.Y. Liu, D.Y. Chen, Q. Yu, J. Yang, and C. Wang. 1992. Peroxidase in relation to varietas resistance to vius disease in rapeseed (*Brassica napus*). (Abstract). *Oil Crops of China* 2 : 52-54.
- Zitikaite, I. J.; L. Staniulis.; Urbanaviciene, dan M Zizyte. 2011. *Cucumber Mosaic Virus* Identification in Pumpkin Plants. *Zemdirbyste. Agriculture*, vol. 98 (4): 421 426. ISSN 1392-3196

LAMPIRAN

Lampiran 1. Anova Masa Inkubasi

SK	db	JK	KT	Fhit	Ftab 5%
Perlakuan	6	2490	490	173.67*	2.57
Galat	21	59.25	2.821429		
Total	27	2999.25			

Lampiran 2. Intensitas Serangan CMV minggu ke-3 setelah inokulasi

SK	db	JK	KT	Fhit	Ftab 5%
Perlakuan	6	62.488	10.415	95.71*	2.57
Galat	21	2.285	0.109		
Total	27	64.773			

Lampiran 3. Jumlah Daun Tanaman Tomat

SK	db	JK	KT	Fhit	Ftab 5%
Perlakuan	6	121.8571	20.31	2.17	2.57
Galat	21	196.25	9.35		
Total	27	318.1071			

Lampiran 4. Bobot Basah Tanaman Tomat

SK	db	JK	KT	Fhit	Ftab 5%
Perlakuan	6	83878.044	13979.67	16.45*	2.57

Galat	21	17846.083	849.813
Total	27	101724.127	

Lampiran 5. Berat Kering Tanaman

SK	db	JK	KT	Fhit	Ftab 5%
Perlakuan	6	7239.319	1206.55	309.88*	2.57
Galat	21	81.765	3.89		
Total	27	7321.084			

Lampiran 6. Berat Basah Buah

SK	db	JK	KT	Fhit	Ftab 5%
Perlakuan	6	805420	134236.7	7.81*	2.57
Galat	21	361027	17191.7		
Total	27	1166447			