PENGARUH PENGGUNAAN PGPR (Plant Growth Promoting Rhizobacteria) TERHADAP INTENSITAS TMV (Tobacco Mosaic Virus), PERTUMBUHAN, DAN PRODUKSI PADA TANAMAN CABAI RAWIT (Capsicum frutescens L.)

Oleh :

KAMILA QUROTA A'YUN

0810480176

MINAT HAMA DAN PENYAKIT TUMBUHAN



UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS PERTANIAN

JURUSAN HAMA DAN PENYAKIT TUMBUHAN
PROGRAM STUDI AGROEKOTEKNOLOGI
MALANG
2012

PENGARUH PENGGUNAAN PGPR (Plant Growth Promoting Rhizobacteria) TERHADAP INTENSITAS TMV (Tobacco Mosaic Virus), PERTUMBUHAN, DAN PRODUKSI PADA TANAMAN CABAI RAWIT (Capsicum frutescens L.)

Oleh : KAMILA QUROTA A'YUN 0810480176 MINAT HAMA DAN PENYAKIT TUMBUHAN



UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS PERTANIAN
JURUSAN HAMA DAN PENYAKIT TUMBUHAN
PROGRAM STUDI AGROEKOTEKNOLOGI
MALANG
2012

PENGARUH PENGGUNAAN PGPR (Plant Growth Promoting Rhizobacteria) TERHADAP INTENSITAS TMV (Tobacco Mosaic Virus), PERTUMBUHAN, DAN PRODUKSI PADA TANAMAN CABAI RAWIT (Capsicum frutescens L.)

Oleh:

KAMILA QUROTA A'YUN (

MINAT HAMA DAN PENYAKIT TUMBUHAN PROGRAM STUDI AGROEKOTEKNOLOGI

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh Gelar Sarjana Pertanian Strata Satu (S-1)

UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS PERTANIAN
JURUSAN HAMA DAN PENYAKIT TUMBUHAN
MALANG
2012

BRAWIJAYA

LEMBAR PERSETUJUAN

Judul : PENGARUH PENGGUNAAN PGPR (Plant Growth

Promoting Rhizobacteria) TERHADAP INTENSITAS

TMV (Tobacco Mosaic Virus), PERTUMBUHAN,

DAN PRODUKSI PADA TANAMAN CABAI RAWIT

(Capsicum frutescens L.)

Nama Mahasiswa : KAMILA QUROTA A'YUN

NIM : 0810480176

Jurusan : HAMA DAN PENYAKIT TUMBUHAN

Program Studi : AGROEKOTEKNOLOGI

Minat : PENYAKIT TUMBUHAN

Menyetujui : Dosen Pembimbing

Pembimbing Utama,

Pembimbing pendamping,

Prof. Dr. Ir. Tutung Hadiastono, MS NIP. 19521028 197903 1 003 <u>Dr. Ir. Mintarto Martosudiro, MS</u> NIP. 19590705 198601 1 003

Mengetahui,

Ketua Jurusan Hama Penyakit Tanaman

<u>Dr. Ir. Bambang Tri Rahardjo, SU</u> NIP. 19550403 198303 1 003

Tanggal Lulus:

LEMBAR PENGESAHAN

Mengesahkan

MAJELIS PENGUJI

ERSITA

Penguji I

Penguji II

Dr. Ir. Sri Karindah, MS. NIP. 19520517 197903 2 001

Dr. H. Anton Muhibuddin, SP. MP. NIP. 19771130 200501 1 002

Penguji III

Penguji IV

Prof. Dr. Ir. Tutung Hadiastono, MS. NIP. 19521028 197903 1 003

Dr. Ir. Mintarto Martosudiro, MS. NIP. 19590705 198601 1 003

Tanggal Lulus:



PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa segala pernyataan dalam skripsi ini merupakan gagasan atau hasil penelitian saya sendiri, dengan bimbingan komisi pembimbing. Skripsi ini tidak pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di perguruan tinggi manapun dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang dengan jelas ditunjukkan rujukannya dalam daftar pustaka.

Malang, November 2012

Kamila Qurota A'yun





Kedua Orang Tua Tercinta, H. Abdul Malik dan Hj. Wiwik Suprining Rahayu Kakak dan Adik Tersayang, Nurvi Yunita Safitri dan Saraya Yusrina

RINGKASAN

Kamila Qurota A'yun 0810480176. Pengaruh Penggunaan PGPR (*Plant Growth Promoting Rhizobacteria*) terhadap Intensitas TMV (*Tobacco Mosaic Virus*), Pertumbuhan, dan Produksi Pada Tanaman Cabai Rawit (*Capsicum frutescens* L.). Di bawah bimbingan Prof. Dr. Ir. Tutung Hadiastono, MS. sebagai Pembimbing Utama dan Dr. Ir. Mintarto Martosudiro, MS. sebagai Pembimbing Pendamping.

Cabai (Capsicum sp.) merupakan salah satu komoditas yang banyak dibutuhkan dalam kehidupan sehari-hari dan volume kebutuhannya terus meningkat seiring dengan pertambahan penduduk. Tanaman cabai rawit memiliki berbagai macam varietas yang sudah beredar luas di pasaran, salah satunya adalah Cakra Putih. Tanaman ini memiliki daya adaptasi tinggi, sehingga lokasi produksinya tersebar luas, mulai dataran rendah sampai dataran tinggi. Salah satu penyakit utama pada budidaya cabai rawit adalah penyakit mosaik yang disebabkan oleh TMV (Tobacco Mosaic Virus). Penyakit mosaik menjadi penting karena kerugian yang ditimbulkannya cukup besar. Salah satu upaya untuk mengatasi penyakit tersebut dapat dilakukan dengan penggunaan Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR). PGPR merupakan golongan bakteri berguna yang hidup dan berkembang dengan baik pada tanah yang kaya akan bahan organik. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh pemberian dan peranan PGPR Pseudomonas fluorescens, Azotobacter sp., dan Bacillus subtilis terhadap intensitas serangan TMV (Tobacco Mosaic Virus), tinggi tanaman, dan produksi pada tanaman cabai rawit.

Penelitian ini dilaksanakan di Rumah Kasa (Screenhouse) dan Laboratorium Penyakit Tumbuhan, Fakultas Universitas Brawijaya Malang. Pelaksanaan penelitian dimulai pada bulan April – Agustus 2012. Penelitian dilaksanakan menggunakan rancangan acak lengkap (RAL). Perlakuan yang digunakan yaitu PGPR tunggal dan kombinasi. Perlakuan pemberian PGPR tunggal meliputi PGPR P. fluorescens, PGPR Azotobacter sp., dan PGPR B. subtilis. Sedangkan pada perlakuan PGPR kombinasi meliputi PGPR P. fluorescens dan PGPR Azotobacter sp., PGPR P. fluorescens dan PGPR B. subtilis, PGPR Azotobacter sp. dan PGPR B. subtilis, dan perlakuan pada tanaman cabai rawit tanpa PGPR. Masing-masing perlakuan diulang sebanyak tiga kali. Data pengamatan yang diperoleh dari percobaan dianalisis dengan menggunakan uji F pada taraf 5%, kemudian perlakuan yang memiliki data F hitung lebih besar dari F tabel, dianalisis lanjut dengan uji Beda Nyata Jujur (BNJ) pada taraf kesalahan 5%. Variabel yang digunakan untuk mengetahui pengaruh PGPR P. fluorescens, Azotobacter sp., dan B. subtilis yaitu masa inkubasi, intensitas serangan, tinggi tanaman, jumlah buah dan bobot buah.

Gejala serangan TMV pada tanaman cabai rawit varietas Cakra Putih adalah daun mosaik, nekrotik dan malformasi. Berdasarkan kelima variabel tersebut dapat diketahui bahwa PGPR kombinasi *P. fluorescens* dan *Azotobacter* sp. berpengaruh menurunkan masa inkubasi, intensitas serangan TMV (*Tobacco Mosaic Virus*) dan menambah tinggi tanaman cabai rawit. Masa inkubasi tanaman cabai rawit dengan perlakuan PGPR *P. fluorescens* dan *Azotobacter* sp. yaitu

16,67 hari. Perlakuan PGPR *P. fluorescens* dan *Azotobacter* sp. dapat menurunkan intensitas serangan TMV pada tanaman cabai rawit hingga 89,92%, tetapi tanaman cabai rawit tanpa perlakuan PGPR hanya menurunkan intensitas serangan TMV sebesar 62,11%. Tinggi tanaman cabai rawit dengan perlakuan PGPR *P. fluorescens* dan *Azotobacter* sp. dapat mencapai 69,25 cm, sedangkan pada tanaman cabai rawit tanpa PGPR tinggi tanaman hanya 45,53 cm. Pada perlakuan PGPR *P. fluorescens* dan *B. subilis* dapat meningkatkan rerata bobot buah cabai rawit tanpa PGPR hanya sebesar 1,02 gram per tanaman.



SUMMARY

Kamila Qurota A'yun 0810480176. Influential by Using PGPR (*Plant Growth Promoting Rhizobacteria*) against TMV (*Tobacco Mosaic Virus*) Attack Intensity, Growth, and Production in Chili Plant (*Capsicum frutescens* L.). Supervised by Prof. Dr. Ir. Tutung Hadiastono, MS., and Dr. Ir. Mintarto Martosudiro, MS.

Chili (*Capsicum* sp.) is one of comodities that is really needed everyday and the number of demand always increases in harmony by the number of society. Chili plant has many different varieties which are already available on market, one variety is Cakra Putih. This variety has a good adaptation to the lowlands and uplands, therefore the location of production is widely spread. One of the main disease of chili cultivation is mosaic disease that is caused by TMV (*Tobacco Mosaic Virus*). The mosaic disease has become important disease because they make relatively large damage. One effort to control the disease could be done by applying *Plant Growth Promoting Rhizobacteria* (PGPR). PGPR is a useful bacteria that lives and grows well in soil that contain much of organic matter. This research aimed to determine the effect of application and the role of PGPR *Pseudomonas fluorescens*, *Azotobacter* sp., dan *Bacillus subtilis* on TMV attack intensity, the height and production of chili plant.

This research was conducted in screen house and plant disease laboratory, Brawijaya University Malang. The experiment started in April until August 2012. This research was using complete randomized design. The treatments used one species of PGPR bacteria and the combination of two species of PGPR bacteria. The PGPR were PGPR *P. fluorescens*, PGPR *Azotobacter* sp., or PGPR *B. subtilis*. Whereas the PGPR combination were PGPR *P. fluorescens* and PGPR *Azotobacter* sp. and PGPR *P. fluorescens* and PGPR *B. subtilis*, or PGPR *Azotobacter* sp. and PGPR *B. subtilis*. Control were executed without applying PGPR. Each treatment was replicated three times. The data obtained from the experiments were analyzed using the F test at level 5%, and were continued with Honest Significant Difference test (HSD) at p 5%. The variable used to determine the effect of PGPR were the incubation periode, attack intensity, height plant, number of fruits, and fruit weight.

The symptoms of TMV on Cakra Putih variety were mosaic leaves, necrotic, and malformations. Based on five variables, it could be seen that the combination of *P. fluorescens* and *Azotobacter* sp. PGPR affected on reducing the incubation periode, the attack intensity of TMV, and increasing the plant height. The incubation periode for chili plants with PGPR *P. fluorescens* and *Azotobacter* sp. was 16,67 days. The PGPR *P. fluorescens* and *Azotobacter* sp. reduced TMV attack intensity on chili plants until 89,92%, whereas on control only reduced TMV attack intensity 62,11%. The plant height of chili plants with PGPR *P. fluorescens* and *Azotobacter* sp. could reach 69,25 cm, whereas in control height was only 45,53 cm. PGPR *P. fluorescens* dan *B. subtilis* treatment could increase the average fruit weight of chili until 2,17 grams per plant. The average fruit weight on control was only 1,02 grams per plant.

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat serta hidayah-Nya sehingga skripsi ini dapat tersusun. Skripsi berjudul Pengaruh Penggunaan PGPR (*Plant Growth Promoting Rhizobacteria*) Terhadap Intensitas TMV (*Tobacco Mosaic Virus*), Pertumbuhan, dan Produksi Pada Tanaman Cabai Rawit (*Capsicum frutescens* L.) ini disusun sebagai syarat untuk memperoleh Gelar Sarjana Pertanian Strata Satu (S1) di Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya, Malang. Penulis mengucapkan terima kasih kepada :

- 1. Ketua Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya Malang, Dr. Ir. Bambang Tri Rahardjo, SU.
- 2. Pembimbing utama, Prof. Dr. Ir. Tutung Hadiastono, MS., yang telah memberikan bimbingan serta motivasi bagi penulis dalam menyelesaikan penulisan skripsi ini.
- 3. Pembimbing pendamping, Dr. Ir. Mintarto Martosudiro, MS., yang telah memberikan bimbingan serta motivasi bagi penulis dalam menyelesaikan penulisan skripsi ini.
- 4. Pembimbing akademik, Ir. Luqman Qurata Aini, Msi. Ph.D, atas saran serta motivasinya.
- 5. Terima kasih kepada kedua orang tua, Bapak H. Abdul Malik, SH. dan Ibu Hj. Wiwik Suprining Rahayu, serta kakakku Nurvi Yunita Safitri dan adikku Saraya Yusrina, dan keluarga besar yang telah memberikan doa serta dorongan material, spiritual dan semangat.
- 6. Irza Idzni, terima kasih atas perhatian dan pengertian kepada penulis, serta semangat dan doa yang selalu diberikan.
- 7. Sahabat-sahabatku, Liza Afifah, Istika Nita, Selya Iktafiana Ratih dan Yeni Setyorini, terima kasih karena selalu memberikan semangat kepada penulis.
- 8. Terima kasih kepada sahabat-sahabat The Gondez, Istia Rini, Juwita Widyastuty, Dewi Maryam, Anis Apriliawati, dan Savitri Hidayat,

- yang menjadi tempat mencurahkan masalah skripsi, serta terima kasih atas semua doa dan semangat yang selalu diberikan.
- 9. Teman seperjuangan dan berbagi ide di *Screenhouse*, Bogi Diyansah dan Dian Eka Kusumawati.
- 10. Pak Muji (Gowang), terima kasih telah membantu di *Screenhouse*, dan membantu penelitian saya hingga selesai.
- 11. Indra Lesmana, terima kasih telah membantu penulis dalam penyusunan skripsi ini.
- 12. Teman-teman angkatan 2008 HPT yang telah membantu semua proses skripsi.
- 13. Semua pihak yang telah membantu dalam penulisan selama melaksanakan penelitian dan penyusunan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dan kelemahan dalam penulisan skripsi ini, karena itu saran dan kritik yang membangun demi perbaikan selanjutnya sangat penulis harapkan.

Malang, November 2012

Penulis

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di kota Surabaya pada tanggal 11 Maret 1990 dari pasangan bernama Bapak Abdul Malik dan Ibu Wiwik Suprining Rahayu. Penulis merupakan anak kedua dari tiga bersaudara.

Pada tahun 2002 penulis lulus pendidikan Sekolah Dasar (SD) di SD Al-Hikmah Surabaya. Kemudian penulis melanjutkan pendidikan Sekolah Menengah Pertama (SMP) di SMP Al-Hikmah Surabaya dan lulus pada tahun 2005. Selanjutnya penulis melanjutkan pendidikan Sekolah Menengah Atas (SMA) di SMA Negeri 15 Surabaya dan lulus pada tahun 2008. Penulis meneruskan pendidikannya di tingkat Universitas pada tahun 2008, dan penulis terdaftar sebagai mahasiswa Strata Satu (S1) Program Studi Agroekoteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya, Malang melalui jalur Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SNMPTN). Selama menyelesaikan pendidikan S1 pada semester 7, penulis mendapatkan beasiswa Strata 2 (S2) di Program Studi Ilmu Tanaman, Fakultas pertanian, Universitas Brawijaya, Malang melalui Beasiswa Unggulan Dikti Program Fast Track.

Selama studi S1 di perguruan tinggi, penulis pernah menjadi pengurus Himpunan Mahasiswa Perlindungan Tanaman pada tahun 2011-2012. Penulis juga pernah menjadi Asisten Praktikum mata kuliah Teknologi Produksi Tanaman pada tahun 2011, mata kuliah Hama dan Penyakit Penting Tanaman pada tahun 2012, dan mata kuliah Pertanian Berlanjut pada tahun 2012.

DAFTAR ISI

	GKASAN	i
	IMARY	iii
	TA PENGANTAR	iv
	TAR RIWAYAT HIDUP	vi
	TAR ISI	vi
	TAR TABEL	vi
	TAR GAMBAR	ix
I.	PENDAHULUAN	
	1. Latar Belakang	1
	2. Rumusan Masalah	2
	1. Latar Belakang 2. Rumusan Masalah 3. Hipotesis 4. Tujuan 5. Manfaat Karangka Konsan	3 3 3
	4. Tujuan	3
	5. Manfaat	3
	Kerangka Konsep	4
II.	TINJAUAN PUSTAKA	
	1. Bakteri Pemacu Pertumbuhan Tanaman (<i>Plant Growth Proposition</i>)	
	Rhizobacteria)	5
	2. Tanaman Cabai Rawit	8
	3. Morfologi <i>Tobacco Mosaic Virus</i> (TMV)	9
	4. Mekanisme Infeksi Virus pada Tanaman	10
	5. Penyebaran dan Sebaran Inang TMV	11
	6. Gejala Serangan <i>Tobacco Mosaic Virus</i> (TMV)	11
	7. Penularan <i>Tobacco Mosaic Virus</i> (TMV)	12
IZEE	8. Ketahanan Tanaman terhadap Patogen	12
	RANGKA OPERASIONAL	14
III.	METODOLOGI	4 =
	1. Tempat dan Waktu	15
	2. Alat dan Bahan	15
	3. Metode Penelitian	15
	4. Persiapan Penelitian	16
	5. Pelaksanaan Penelitian	17
	6. Variabel Pengamatan	19
IV.	HASIL DAN PEMBAHASAN	
	1. Masa Inkubasi TMV Dan Gejala Serangan Pada Tanaman	
	Cabai Rawit	21
	2. Intensitas Serangan TMV Pada Tanaman Cabai Rawit	24
	3. Pertumbuhan Tinggi Tanaman Cabai Rawit	27
41	4. Produksi Tanaman	29
V.	KESIMPULAN DAN SARAN	
	1. Kesimpulan	32
	2. Saran	32
	PERPENDING AYPEN UNIT	JIVE
	TAR PUSTAKA	33
LAN	IPIRAN	38

DAFTAR TABEL

Nomor	Halaman
Teks	
 Pengaruh Perlakuan Bakteri terhadap Masa Inkubasi Rerata Intensitas Serangan TMV pada Tanaman Cabai Rawit Rerata Tinggi Tanaman Cabai Rawit setelah diinfeksi TMV Rerata Jumlah Buah Tanaman Cabai Rawit setelah diinfeksi TMV Rerata Bobot Buah Tanaman Cabai Rawit setelah diinfeksi TMV 	
Nomor Lampiran	
Nomor Lampiran	
 ANOVA Masa Inkubasi TMV pada Tanaman Cabai Rawit ANOVA Intensitas Serangan TMV pada Tanaman Cabai Rawit ANOVA Tinggi Tanaman Cabai Rawit setelah diinfeksi TMV ANOVA Jumlah Buah Tanaman Cabai Rawit setelah diinfeksi TM ANOVA Bobot Buah Tanaman Cabai Rawit setelah diinfeksi TM 	

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
Teks	
1. Bibit tanaman cabai rawit dalam larutan PGPR	16
2. Gejala serangan TMV pada tanaman cabai rawit	21



I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Cabai (*Capsicum* sp.) merupakan salah satu komoditas yang banyak dibutuhkan dalam kehidupan sehari-hari dan volume kebutuhannya terus meningkat seiring dengan pertambahan penduduk dan kemajuan teknologi. Produksi nasional cabai pada tahun 2009 sebesar 1.378.727 ton, tahun 2010 sebesar 1.328.864 ton, dan tahun 2011 sebesar 1.440.214 ton (BPS RI, 2011). Produksi cabai rawit di Indonesia pada tahun 2007 sebesar 451.965, tahun 2008 sebesar 457.353, tahun 2010 sebesar 521.704, dan tahun 2011 sebesar 583.023 ton (Badan Pusat Statistik dan Direktorat Jenderal Hortikultura, 2011). Tanaman cabai rawit memiliki berbagai macam varietas yang sudah beredar luas dipasaran diantaranya adalah Sonar, Bara, Cakra Putih, Cakra Hijau, dan White Chilli. Tanaman ini memiliki daya adaptasi tinggi, sehingga lokasi produksinya tersebar luas, mulai dataran rendah sampai dataran tinggi.

Salah satu penyakit utama pada budidaya cabai rawit adalah penyakit mosaik yang disebabkan oleh TMV (*Tobacco Mosaic Virus*). Penyakit mosaik menjadi penting karena kerugian yang ditimbulkannya cukup besar. Penurunan hasil panen akibat penyakit mosaik pada tujuh kultivar cabai berkisar mulai dari 32% sampai 75% (Sulyo, 1984). Hasil penelitian Sari dkk. (1997) menunjukkan bahwa serangan virus penyebab penyakit mosaik dapat menurunkan jumlah dan bobot buah per tanaman berturut-turut sebesar 81,4% dan 82,3%. Gejala penyakit pada daun adalah belang-belang berwarna hijau kekuningan yang tidak teratur pada daun. Bagian yang berwarna muda tidak berkembang secepat bagian hijau yang biasanya sehingga daun berkerut dan terpuntir (Semangun, 2001). Salah satu upaya untuk mengatasi penyakit mosaik dapat dilakukan dengan penggunaan *Plant Growth Promoting Rhizobacteria* (PGPR) pada media kompos dan pupuk kandang pada tanaman cabai rawit.

Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR) atau Rhizobacteria Pemicu Pertumbuhan Tanaman (RPPT) ialah kelompok mikroorganisme tanah yang menguntungkan. PGPR merupakan golongan bakteri yang hidup dan berkembang dengan baik pada tanah yang kaya akan bahan organik (Compant *et al.*, 2005). Bakteri ini diketahui aktif mengkolonisasi di daerah akar tanaman dan memiliki 3 peran utama bagi tanaman yaitu: 1) sebagai biofertilizer, PGPR mampu mempercepat proses pertumbuhan tanaman melalui percepatan penyerapan unsur hara, 2) sebagai biostimulan, PGPR dapat memacu pertumbuhan tanaman melalui produksi fitohormon dan 3) sebagai bioprotektan, PGPR melindungi tanaman dari patogen (Rai, 2006).

Kompos dan pupuk kandang berperan dalam pertumbuhan tanaman. Setiap tanaman membutuhkan nutrisi (makanan) untuk kelangsungan hidupnya. Tanah yang baik mempunyai unsur hara yang dapat mencukupi kebutuhan tanaman. Aktivitas mikroba tanah yang bermanfaat bagi tanaman akan meningkat dengan penambahan kompos. Aktivitas mikroba ini membantu tanaman untuk menyerap unsur hara dari tanah dan menghasilkan senyawa yang dapat merangsang pertumbuhan tanaman, serta dapat membantu tanaman menghadapi serangan penyakit.

Berdasarkan hal tersebut maka perlu dilakukan penelitian tentang peranan PGPR pada media kompos dan pupuk kandang terhadap intensitas TMV (*Tobacco Mosaic Virus*) pada tanaman cabai rawit.

1.2 Rumusan Masalah

- 1. Apakah dengan pemberian satu jenis PGPR *Pseudomonas fluorescens*, *Azotobacter* sp., dan *Bacillus subtilis* tidak dapat berpengaruh terhadap intensitas serangan TMV (*Tobacco Mosaic Virus*), pertumbuhan, dan produksi pada tanaman cabai rawit ?
- 2. Apakah pemberian PGPR dengan kombinasi *P. fluorescens*, dan *Azotobacter* sp., *P. fluorescens* dan *B. subtilis*, serta *Azotobacter* sp. dan *B. subtilis* berpengaruh terhadap penurunan intensitas serangan TMV (*Tobacco Mosaic Virus*), pertumbuhan, dan produksi pada tanaman cabai rawit?

1.3 **Hipotesis**

- 1. Pemberian dengan satu jenis PGPR P. fluorescens, Azotobacter sp., dan B. subtilis dapat berpengaruh terhadap intensitas serangan TMV (Tobacco Mosaic Virus), pertumbuhan, dan produksi pada tanaman cabai rawit.
- 2. Pemberian PGPR dengan kombinasi P. fluorescens dan Azotobacter sp., P. fluorescens dan B. subtilis, serta Azotobacter sp. dan B. subtilis berpengaruh terhadap penurunan intensitas serangan TMV (Tobacco Mosaic Virus), pertumbuhan, dan produksi pada tanaman cabai rawit

1.4 Tujuan

- 1. Mengetahui pengaruh pemberian satu jenis PGPR P. fluorescens, Azotobacter sp., dan B. subtilis terhadap intensitas serangan TMV (Tobacco Mosaic Virus), pertumbuhan, dan produksi pada tanaman cabai rawit.
- 2. Mengetahui pengaruh pemberian kombinasi PGPR P. fluorescens dan Azotobacter sp., P. fluorescens dan B. subtilis, serta Azotobacter sp. dan B. subtilis terhadap penurunan intensitas serangan TMV (Tobacco Mosaic Virus), pertumbuhan, dan produksi pada tanaman cabai rawit.

1.5 Manfaat

Mengetahui peran PGPR dengan satu jenis dan kombinasi, terhadap pertumbuhan, produksi, serta ketahanan tanaman cabai rawit pada TMV (*Tobacco* Mosaic Virus).

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Bakteri Pemacu Pertumbuhan Tanaman (*Plant Growth Promoting Rhizobacteria*)

Rhizobacteria merupakan bakteri tanah yang berkoloni di daerah perakaran tanaman. Rhizobacteria dapat digolongkan ke dalam 3 kelompok, yaitu Rhizobacteria yang menguntungkan (Plant Growth Promoting Rhizobacteria), Rhizobacteria yang merugikan (Deleterius Rhizobacteria), dan Rhizobacteria yang bersifat netral (Kloepper et al. 2004). Sampai saat ini bakteri, beberapa bakteri dilaporkan memiliki pengaruh yang menguntungkan bagi tanaman sehingga dapat digolongkan ke dalam kelompok PGPR (Plant Growth Promoting Rhizobacteria), 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).

Dalam peranannya sebagai pemacu pertumbuhan, PGPR dapat berperan secara langsung maupun tidak langsung. Zhang *et al.* (1997) menyatakan bahwa PGPR dapat berperan secara langsung dengan cara meningkatkan penyediaan hara serta menghasilkan hormon pertumbuhan, sedangkan peranannya yang tidak langsung dengan cara memproduksi senyawa-senyawa metabolit seperti antibiotik serta menekan pertumbuhan fitopatogen dan serangan mikroorganisme lain.

2.1.1 Peranan Bakteri Pemacu Pertumbuhan Tanaman (*Plant Growth Promoting Rhizobacteria*) dalam Menyediakan Unsur Hara bagi Tanaman

Sampai saat ini, sudah banyak laporan tentang peranan PGPR (*Plant Growth Promoting Rhizobacteria*) sebagai penyedia unsur hara bagi tanaman. Hamim *et al.* (2007) menyatakan bahwa terdapat korelasi yang baik antara aplikasi pupuk hayati (PGPR) dengan peningkatan serapan hara makro dan mikro pada tanaman sehingga memacu pertumbuhan dan produksi tanaman. Bakteri PGPR memiliki kemampuan sebagai penyedia hara disebabkan oleh kemampuannya dalam melarutkan mineral-mineral dalam bentuk senyawa

kompleks menjadi bentuk ion sehingga dapat diserap oleh akar tanaman (Vessey, 2003). Sebagai contoh, *Pseudomonas* sp. dan *Bacillus* sp. dapat menghasilkan asam-asam organik seperti asam fosfat, asam asetat, dan asam laktat (Han & Lee, 2005), propionat, glikolat, flumarat, oksalat, suksinat, tartrat (Banik & Dey, 1982), sitrat, laktat, dan ketoglutarat (Illmer & Schinner, 1992) yang dapat melarutkan fosfat dalam bentuk yang sulit larut. Asam-asam organik ini membentuk khelat dengan kation-kation pengikat P di dalam tanah seperti Al³⁺ dan Fe³⁺. Khelat tersebut dapat menurunkan reaktivitas ion-ion tersebut sehingga menyebabkan pelarutan fosfat yang efektif (Han & Lee, 2005; Saraswati & Sumarno, 2008). *Bacillus* sp. dan *Pseudomonas* sp. juga dapat melarutkan fosfat yang terikat dengan unsur lain menjadi tersedia bagi tanaman karena kemampuannya dalam menghasilkan enzim fosfatase dan fitase (Alexander, 1977).

Beberapa jenis bakteri PGPR (Plant Growth Promoting Rhizobacteria) juga merupakan penambat N2 dari udara seperti Azotobacter dan Azospirillum yang jika berasosiasi dengan perakaran tanaman dapat membantu tanaman dalam memeproleh nitrogen melalui proses fiksasi nitrogen oleh mikroorganismemikroorganisme tersebut (Gardner et al. 1991). Azotobacter adalah rhizobakteria yang telah dikenal sebagai agen biologis pemfiksasi nitrogen, yang mengubah nitrogen menjadi amonium melalui reduksi elektron dan protonasi gas nitrogen (Hindersah & Simarmata, 2004). Nitrogen yang terikat pada struktur tubuh mikroba dilepas dalam bentuk organik sebagai sekresi atau setelah mikroba tersebut mati (Andayaningsih, 2000). Isminarni et al. (2007) melaporkan bahwa jumlah Azotobacter berbanding lurus dengan jumlah N₂ yang dapat diubah oleh sel Azotobacter. Apabila keunggulan bakteri ini dapat dimanfaatkan dengan efisien, maka harapannya dapat digunakan untuk mengurangi penggunaan pupuk N tanpa mengganggu target produksi tinggi. Azotobacter sangat sensitif pada alkalinitas, asiditas (Mishustin & Shilnikova, 1971), dan optimum pada Ph 7-8 (Sutedjo et al. 1991). Ion Aluminium bersifat toksik untuk Azotobacter. Hal ini merupakan hambatan utama bagi keberadaan Azotobacter yang berasal dari tanah podsolik (Mishustin & Shilnikova, 1971).

2.1.2 Peranan Bakteri Pemacu Pertumbuhan Tanaman (*Plant Growth Promoting Rhizobacteria*) sebagai Biokontrol

Salah satu peranan bakteri PGPR terhadap peningkatan pertumbuhan dan produksi tanaman secara tidak langsung adalah sebagai biokontrol terhadap penyakit tanaman. Ji *et al.* (2005) melaporkan bahwa penggunaan PGPR sebagai biokontrol dapat menekan penyakit bercak daun pada tomat hingga lebih dari 60% pada percobaan di dalam rumah kaca, serta 63,6 – 94,1% pada percobaan di lapang (Guo *et al.*,2004).

Kloepper dan Schroth (1978) menyatakan bahwa kemampuan PGPR sebagai agen pengendalian hayati adalah karena kemampuannya bersaing untuk mendapatkan zat makanan, atau karena hasil-hasil metabolit seperti siderofor, hidrogen sianida, antibiotik, atau enzim ekstraseluler yang bersifat antagonis melawan patogen. Selain itu, bakteri PGPR juga berperan dalam melindungi tanaman dari serangan patogen melalui mekanisme antibiosis, parasitisme, atau melalui peningkatan respon ketahanan tanaman (Whipps, 2001). *Pseudomonas spp.* telah terbukti dapat menstimulir timbulnya ketahanan tanaman terhadap infeksi jamur patogen akar, bakteri dan virus (Wei *et al.* 1991). Voisard *et al.* (1989) mendapati bahwa sianida yang dihasilkan *P. fluorescens* strain CHAO merangsang pembentukan akar rambut pada tumbuhan tembakau dan menekan pertumbuhan *Thielaviopsis basicola* penyebab penyakit busuk akar yang diduga menjadi penyebab timbulnya ketahanan sistemik (ISR).

2.1.3 Peranan Bakteri Pemacu Pertumbuhan Tanaman (*Plant Growth Promoting Rhizobacteria*) sebagai Penghasil Hormon Pertumbuhan

Peranan PGPR selain sebagai penyedia hara bagi tanaman dapat juga sebagai penghasil hormon yang dapat memacu pertumbuhan tanaman (Matiru & Dakora, 2004). *Azotobacter* selain dapat mengikat N₂ dari udara, juga mampu menghasilkan Asam Indol Asetat (IAA) dalam jumlah yang berbanding lurus

dengan kepadatannya (Isminarni *et al.*, 2007). Selain itu, *Azotobacter* juga dapat menghasilkan sitokinin, giberelin, dan asam absisat (ABA) (Haefele *et al.*, 2008).

Auksin disintesis utamanya di meristem apikal tajuk. Pengangkutan auksin dari tajuk ke akar berpengaruh terhadap beberapa proses fisiologis, seperti pemanjangan batang, dominansi apikal, penyembuhan luka, penuaan daun (Taiz & Zeiger, 2002). Adapun sitokinin utamanya disintesis di ujung akar dan diangkut ke tajuk. Sitokinin utamanya berperan dalam proses pembelahan sel, namaun berperan juga dalam pemecahan dominansi apikal yang menyebabkan inisiasi kuncup lateral (Taiz & Zeiger, 2002). Sedangkan giberelin memiliki peranan dalam proses fisiologis tanaman, salah satunya adalah pembungaan.

Pseudomonas juga memiliki memampuan dalam menghasilkan zat pengatur tumbuh. Pseudomonas dapat menghasilkan sitokinin untuk pertumbuhan tajuk (Salamone et al., 2001). Wibowo (2007) melaporkan bahwa penggunaan pupuk hayati mampu meningkatkan kandungan hormon IAA sebesar 73 – 159% pada tanaman caisim, jagung, dan kedelai.

2.2 Tanaman Cabai Rawit

Klasifikasi tanaman cabai rawit menurut Rukmana (2002) adalah sebagai

berikut:

Kingdom : Plantae

Divisi : Spermatophyta

Subdivisi : Angiospermae

Kelas : Dicotyledonae

Subkelas : Metachlamidae

Ordo : Tubiflorae

Famili : Solanaceae

Genus : Capsicum

Spesies : Capsicum frutescens Linn.

Genus Capsicum mempunyai sekitar 20-30 spesies cabai yang memiliki potensi ekonomi adalah *Capsicum annuum* dan *Capsicum frutescens* yang sudah tersebar luas di seluruh dunia, termasuk Indonesia (Rukmana, 2002).

Tanaman cabai rawit memiliki tinggi sekitar 50 – 150 cm, batang pokok yang tua berkayu. Daunnya bulat telur, dasarnya lebar, ujung menyempit dan meruncing, warna daun hijau muda, permukaan bawah berbulu. Bunganya kecil, terletak pada ujung ranting, jumlahnya satu atau dua kadang-kadang lebih. Buahnya kecil, berbentuk kerucut, ujung runcing, tegak, dan tangkainya panjang, bila masak warnanya merah cerah, oranye atau putih-kekuningan, mengkilat (Pracaya, 1994).

Lingkungan tumbuh yang paling cocok untuk membudidayakan cabai rawit yaitu dengan memperhatikan berbagai macam factor lingkungan yang ada seperti keadaan iklim dan keadaan tanah. Faktor iklim yang mempengaruhi pertumbuhan dan produksi cabai rawit adalah suhu udara, sinar matahari, kelembaban, curah hujan dan tipe iklim. Tanaman cabai rawit dapat tumbuh optimal pada daerah yang mempunyai kisaran suhu udara antar 18°C – 27°C dan tidak menghendaki kelembaban dan curah hujan yang tinggi serta iklim yang basah, karena pada keadaan tersebut tanaman akan mudah terserang penyakit. Kelembaban udara yang tepat bekisar antara 50% - 80% dengan curah hujan 600 mm – 1.250 mm per tahun. Untuk keadaan tanah tanaman cabai rawit dapat tumbuh baik pada tanah yang subur (kaya humus), gembur, poreus, bebas dari nematode dan layu bakteri,mempunyai pH 5,5 – 6,5, serta cukup air (Rukmana, 2002).

2.3 Morfologi Tobacco Mosaic Virus (TMV)

Pada tahun 1956, asam nukleat TMV diketahui dapat melakukan infeksi sendiri. TMV merupakan virus yang arsitekturnya telah dikenal dengan baik (Bos, 1990). Partikel virus dan virion TMV berbentuk batang yang kaku dan keras dengan diameter 18 nm panjang 30 nm. TMV mempunyai unit protein berbentuk helix yang tersusun dari 2.130 sub unit protein, dan masing-masing dengan berat molekul 17.500 dan terdiri dari 158 gugus asam amino yang urutannya telah

diketahui untuk beberapa strain. Puncak pilinannya adalah 2,3 nm dan struktur partikel berulang untuk setiap tiga putaran pilinan. Sub unit yang mengelilingi lubang besar memiliki diameter 4 nm. Untaian asam nukleat mempunyai berat molekul $2x10^6$, mengandung kurang lebih 6.400 nukleotida mengikat puncak pilinan dan terbenam diantara sub unit protein 4 nm dari sumbu partikel (Bos, 1990).

TMV dihasilkan dalam konsentrasi yang tinggi dan stabil di luar inangya, sehingga dengan mudah dapat bertahan. Virus TMV mempunyai suhu inaktivasi (thermal inactivation point) 94°C, titik pengenceran terakhir (dilution and point) 1:10⁶. Vallue dan Johnson, (1937 dalam Semangun, 2001) memberitakan bahwa virus masih tetap aktif di dalam daun tembakau kering yang sudah disimpan selama 53 tahun.

Kriptogram pada TMV yaitu : R/1 ; 2/5 ; E/E ; S/O. Kode-kode tersebut dijelaskan sebagai berikut (Gibbs dan Harisson, 1976) :

- R/1 : Tipe asam nukleatnya adalah RNA / untaian asam nukleatnya adalah tunggal.
- 2/5 : Bobot molekul asam nukleatnya adalah 2 juta / persen asam nukleat dalam partikel adalah 5%.
- E/E : Ikhtisar partikelnya adalah memanjang/bentuk nukleokapsida adalah memanjang.
- S/O : Jenis tumbuhan inang adalah Spermatophyta (tumbuhan berbiji/ persebaran tanpa vector akan tetapi diketahui melalui lingkungan.

2.4 Mekanisme Infeksi Virus pada Tanaman

Infeksi virus pada tanaman tergantung pada terjadinya perkembangan, serta penyebaran virus di dalam sel inang tanaman. Infeksi virus pada tanaman terjadi melalui kontak antara inang dan patogen. Virus tanaman masuk ke tumbuhan hanya melalui luka yang dibuat secara mekanik atau oleh vektor atau diletakkan ke dalam ovule oleh tepung dari yang terinfeksi (Agrios, 1996). Setelah terjadi kontak antara virus dan sel, virus kemudian masuk ke dalam sitoplasma sel. Di dalam sel virus menjadi seperti benda (partikel) yang melekat

pada atau di dalam sel inang karena bagian aktif pada virus adalah asam nukleat, dan asam nukleatnya ini masih terbungkus oleh mantel protein.

Asam nukleat harus lolos dari selubungnya untuk menjadi aktif. Pelepasan asam nukleat dari selubung berlangsung dengan penghancuran selubung (mantel protein) secara bertahap hingga lebur keseluruhan. Penghancur selubung ini dibantu oleh adanya reaksi enzimatis sel inangnya. Selubung protein yang sudah terlepas, tertinggal, dan terurai dalam sel inang oleh aktivitas enzim proteolitik (penghancur protein) yang berada di dalam sel inang. Residu selubung protein yang berupa asam-asam amino bebas dapat berperan dalam proses sntesa protein kembali. RNA virus yang telah terlepas dari mantel protein menyebabkan stimulasi enzim-enzim tanaman bekerja, diantaranya adalah enzim RNA polymerase, enzim RNA sintetase, dan RNA replikasi. Enzim-enzim ini oleh virus berfungsi sebagai penentu model pembentukan nukleotida yang akan membentuk RNA virus baru (Hadiastono, 2003).

2.5 Penyebaran dan Sebaran Inang TMV

TMV sudah tersebar luas hampir ke seluruh dunia. Sebaran inang TMV juga sangat luas. Beberapa tanaman inang yang penting termasuk dalam famili Solanaceae, Scrophulariaceae, Labiatae, Leguminoceae, Chenopodiaceae, Cucurbitaceae, dan Alliaceae. Namun tidak semua spesies yang terinfeksi TMV menunjukkan gejala sistemik. Beberapa diantaranya hanya menunjukkan lesio nekrotik lokal pada titik infeksi (reaksi hipersensitif). Beberapa varietas yang menunjukkan reaksi hipersensitif yaitu tembakau, tomat, dan cabai (Sutic *et al.* 1999, CABI 2003).

Inang utama TMV ialah Nicotiana tabacum, Lycopersicon esculentum Mill., C. annum L., Solanum melongena L., Allium sativum L., Beta vulgaris L., Phaseolus vulgaris, Vigna unguiculata (L) Walp., Glycine max, Brassicaea, Apium graveolens, Solanum tuberosum L.. Beberapa inang alternatif dari TMV yaitu Rosa sinensis, Malus domestica Borkh., Helianthus anmus, Citrulus lanatus, dan Cucumis sativus L.. Anggota tobamovirus yang menginfeksi cabai antara lain TMV, PMMV, TMGMV, dan ToMV (Sutic et al. 1999, CABI 2003).

2.6 Gejala Serangan Tobacco Mosaic Virus (TMV)

Gejala infeksi virus ini pada tanaman sangat beragam, namun beberapa gejala umum yang dapat dijumpai adalah timbulnya belang-belang berwarna hijau yang berwarna muda, tidak berkembang secepat tanaman sakit bagian hijau yang biasa sehingga daun berkerut dan terpuntir. Tanaman sakit tulang daun mudanya lebih jernih dari biasanya (Vein clearing). Gejala berkembang menjadi bercak klorotik tidak teratur sehingga daun tampak mosaik. Sementara itu bagian daun yang berwarna hijau menjadi hijau tua. Pertumbuhan daun terhambat dan mengalami malformasi (Semangun, 2001).

Virus yang menyerang tanaman cabai rawit menyebabkan daun menjadi mosaik dengan warna belang-belang hitam tua dan hijau muda. Disamping itu tulang daun dan sekitarnya akn berwarna hijau. Daun muda seringkali juga akan menjadi keriting (berkerut) serta berpilin. Suhu yang tinggi akan mendukung perkembangan serangan. Tanaman cabai rawit akan mengalami banyak mosaik dengan gejala yang berbeda-beda, tergantung pada strain virus yang menyerang (Anonymous, 2012).

2.7 Penularan Tobacco Mosaic Virus (TMV)

Keberhasilan penularan virus melalui cairan perasan sangat tergantung pada sifat virus, konsentrasi virus cairan perasan, serta kerentanan tanaman (Hadiastono, 2003). Virus tumbuhan dapat ditularkan dengan cara memindahkan cairan perasan tumbuhan sakit ke tumbuhan sehat. Persyaratan untuk penularan adalah terjadinya secara bersama-sama pelukaan kecil dan hadirnya partikel virus yang infektif pada sel inang yang mudah terinfeksi. Hasil penularan dapat dipertinggi dengan memilih jenis tumbuhan yang tepat sebagai sumber virus, dengan mengambil cairannya (misalnya 1:10 dengan air atau 0,01 ml per penyangga fosfat pH 7) akan lebih cepat menyingkirkan inhibitor pada virus (Bos, 1990).

Inokulasi dilakukan secara mekanis pada daun. Bubuk karborundum digunakan untuk membuat dan memperbesar luka tempat masuknya virus pada permukaan daun yang ditulari (Noordian, 1973). Dengan menggunakan karborundum dapat meningkatkan keberhasilan inokulasi, umumnya ukuran yang digunakan untuk membuat karborundum adalah 400-500 mess (Gibbs dan Harisson, 1976). Penularan secara mekanik dari tanaman yang satu ke tanaman yang lain dapat memainkan peran dalam penyebaran secara alamiah, apabila konsentrasi virus dalam cairan tanaman dan stabilitas virus tinggi.

2.8 Ketahanan Tanaman Terhadap Patogen

Ketahanan tanaman terhadap patogen adalah kemampuan tanaman untuk mencegah masuknya patogen atau menghambat perkembangan patogen dalam jaringan tanaman (Agrios, 1996).

Ketahanan tanaman untuk mempertahankan diri dari serangan patogen ditentukan oleh interaksi genetik antara inang dan patogen. Interaksi antar inang dan patogen akan menyebabkan respon tanaman yang berbeda-beda dalam membentuk struktur pertahanan. Respon tanaman terhadap infeksi virus adalah peka, *immune*, tahan, toleran. Tanaman dikatakan peka jika virus dapat menginfeksi dan memperbanyak diri di dalamnya. Tanaman yang *immune* tidak dapat diinfeksi oleh virus dan dapat dianggap non inang dari virus tersebut. Tanaman tersebut tahan jika memiliki kemampuan untuk menekan dan menghambat perbanyakan virus atau perkembangan gejala penyakit. Tanaman yang toleran menunjukkan respon sebagai hasil infeksi virus yang terbatas pada sel yang diinokulasi atau sel-sel yang berbatasan dengan bagian yang diinokulasi. Daerah tersebut menampakkan gejala nekrotik lokal (Matthews, 1981).

Variasi dalam kerentanan terhadap pertumbuhan di antara varietas tanaman adalah karena perbedaan jenis dan mungkin juga jumlah gen untuk ketahanan yang terdapat dalam masing-masing varietas (Agrios, 1996). Sifat ketahanan tanaman terdiri dari 2 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 oligogenik. Ketahanan horizontal adalah semua tanaman yang mempunyai tingkat ketahanan yang efektif

melawan setiap patogen yang melawannya dan dikendalikan oleh banyak gen disebut sebagai ketahanan multigenik (Abadi, 2003). Ketahanan tanaman ditentukan oleh beberapa faktor antara lain virulensi patogen, umur tanaman, kondisi tanaman dan keadaan lngkungan di sekeliling tanaman (Semangun, 2001).



III. METODOLOGI

3.1 Tempat dan Waktu

Penelitian ini dilaksanakan di Rumah Kasa (*Screen House*) dan Laboratorium Penyakit Tumbuhan, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya Malang. Pelaksanaan penelitian dimulai pada bulan April 2012 sampai dengan Agustus 2012.

3.2 Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan dalam pelaksanaan penelitian ini adalah polybag berukuran 5 kg, sekop, penggaris, label, gunting, timbangan analitik, erlenmeyer, mortar dan penumbuk porselin, gelas ukur, alat tulis, dan kamera.

Bahan yang digunakan adalah inokulum TMV yang diperoleh dari laboratorium penyakit tumbuhan, Universitas Brawijaya, Malang. Benih cabai rawit dengan varietas Cakra Putih. Tanah steril, karborundum 600 mesh, aquades steril, formalin 4 %, buffer fosfat 0,01 M pH 7, pestisida, pupuk kompos, pupuk kandang, PGPR *P. fluorescens*, PGPR *Azotobacter* sp., dan PGPR *B. subtilis* yang diperoleh dari laboratorium bakteri, Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan, Universitas Brawijaya, Malang.

3.3 Metode Penelitian

Penelitian dilaksanankan melalui percobaan polybag, menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) sebagai perlakuan adalah PGPR *P. fluorescens* (P1), PGPR *Azotobacter* sp. (P2), PGPR *B. subtilis* (P3), PGPR *P. fluorescens* dan PGPR *Azotobacter* sp. (P4), PGPR *P. fluorescens* dan PGPR *B. subtilis* (P5), PGPR *Azotobacter* sp. dan PGPR *B. subtilis* (P6), tanpa PGPR (P7). Masingmasing perlakuan diulang tiga kali dengan setiap ulangan 2 tanaman.

Data pengamatan yang diperoleh dari percobaan dianalisis dengan menggunakan uji F pada taraf 5%, kemudian data yang signifikan dilanjutkan dengan uji Beda Nyata Jujur (BNJ) pada taraf kesalahan 5%.

3.4 Persiapan Penelitian

3.4.1 Persiapan Inokulum TMV

Inokulum TMV berupa daun tembakau dengan gejala yang khas yaitu tulang daun lebih jernih dari pada biasanya (*Vein clearing*), dan pada daun muda yang terinfeksi terjadi gejala mosaik berupa bercak-bercak kuning. Hal ini sesuai dengan pendapat Semangun (2001), tanaman yang mengalami infeksi mempunyai daun-daun muda yang tulang-tulang daunnya lebih jernih dari biasa (*Vein clearing*), pada daun yang masih muda terdapat bercak-bercak kuning, sehingga daun mempunyai gambaran mosaik.

3.4.2 Persiapan Media Tanam

Tanah yang digunakan sebagai media tanam dengan jenis tanah Andisol. Media tanam yang digunakan yaitu dengan diberi pupuk kompos dan pupuk kandang dengan perbandingan 1:1.

3.4.3 Persiapan Benih Tanaman Uji

Sebelum benih disemaikan, terlebih dahulu dilakukan pemilihan benih yang fisiknya utuh, tidak cacat, tidak keriput, ataupun luka. Kemudian benih direndam ke dalam air hangat (40°C) selama ± 10 menit, sehingga benih mampu menghentikan masa istirahat (dormansi). Persemaian dilakukan pada polybag berukuran kecil. Setelah persemaian berumur 3 minggu dengan tinggi 12-15 cm. Selanjutnya benih hasil persemaian diseleksi yang pertumbuhannya normal. Setelah itu dipindahkan pada polybag yang berukuran 5 kg.

3.5 Pelaksanaan Penelitian

Pembuatan SAP 3.5.1

Daun tembakau yang terserang TMV dengan gejala yang khas yaitu tulang-tulang daunnya lebih jernih daripada biasanya, dan pada daun muda yang terinfeksi terjadi gejala mosaic dicuci untuk menghilangkan kotoran yang menempel pada daun. Daun yang telah dicuci dipotong dan dipisahkan tulang daunnya. Potongan daun sebanyak 5 gram dilumatkan dengan mortar yang berfungsi untuk memecahkan sel tanaman yang membantu keluarnya virus dari sel ke cairan perasan. Kemudian ditambahkan buffer fosfat 0,01 M pH 7 sebanyak 10 ml yang berfungsi untuk menstabilkan virus atau menetralkan virus dalam cairan perasan. Setelah pencampuran buffer fosfat daun ditumbuk lagi sampai halus. Kemudian daun yang sudah hancur disaring dengan menggunakan kasa steril untuk memisahkan ampas dari daun yang telah ditumbuk sehingga diperoleh cairan perasan (SAP).

3.5.2 Penanaman Benih Tanaman Uji

Benih hasil persemaian dengan varietas Cakra Putih, ditanam ke dalam polybag berukuran 5 kg. Setiap lubang polybag diisi dengan 1 benih tanaman cabai rawit. Bibit yang akan dipindah untuk ditanam, terlebih dahulu dicelup dalam larutan PGPR selama 10 menit, dengan konsentrasi 10 ml per liter air. Pada perlakuan pertama, tanaman cabai rawit dicelupkan pada larutan PGPR P. fluorescens. Perlakuan kedua, tanaman cabai rawit dicelupkan pada larutan PGPR Azotobacter sp. Perlakuan ketiga, tanaman tanaman cabai rawit dicelupkan pada larutan PGPR B. subtilis. Perlakuan keempat, tanaman cabai rawit dicelupkan pada larutan PGPR kombinasi P. fluorescens dan Azotobacter sp. Perlakuan kelima, tanaman cabai rawit dicelupkan pada larutan PGPR kombinasi P. fluorescens dan B. subtilis. Perlakuan keenam, tanaman cabai rawit dicelupkan pada larutan PGPR kombinasi *Azotobacter* sp. dan *B. subtilis*. Perlakuan ketujuh, tanaman cabai rawit tidak diberi perlakuan PGPR.



Gambar 1. Bibit tanaman cabai rawit dalam larutan PGPR

3.5.3 Penularan TMV pada Tanaman Cabai Rawit

Permukaan daun cabai rawit ditaburi dengan karborundum 600 mesh. Cairan perasan (SAP) diusapkan pada daun muda tanaman cabai rawit yang berumur 2 minggu dengan daun pada tanaman berbentuk sempurna, dengan menggunakan jari secara perlahan agar jaringan epidermis pada permukaan daun tidak rusak. Setelah sepuluh menit dicuci dengan air mengalir untuk menghilangkan sisa-sisa karborundum.

3.5.4 Pemeliharaan Tanaman

Pemeliharaan tanaman meliputi penyiraman, pengendalian gulma serta pengendalian OPT (Organisme Pengganggu Tanaman). Penyiraman dilakukan dengan interval dua kali sehari pada pagi dan sore secara teratur. Hal ini disesuaikan dengan kebutuhan tanaman sehingga tidak mengalami kekeringan dan layu.

Pengendalian gulma dilakukan secara mekanis dengan mencabut gulma yang tumbuh. Pelaksanaan dapat dilakukan setiap saat bila terdapat

gulma di sekitar tanaman cabai rawit. Pengendalian OPT selain TMV dilakukan secara kimia yaitu dengan menggunakan pestisida.

3.6 Variabel Pengamatan

3.6.1 Masa Inkubasi dan Gejala Penyakit

Masa inkubasi adalah periode waktu dari inokulasi sampai munculnya gejala pada tanaman cabai rawit. Pengamatan dilakukan mulai satu hari setelah inokulasi sampai munculnya gejala pertama pada tiap perlakuan.

3.6.2 Intensitas Serangan

Abadi (2003) mengemukakan bahwa untuk menghitung intensitas serangan atau presentase daun tanaman cabai rawit yang terserang TMV digunakan rumus sebagai berikut :

$$P = \sum (n \times v) \times 100\%$$

$$N \times Z$$

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 = Tidak muncul gejala

1 = Lokal nekrotik/klorotin

2 = Mosaik ringan

3 = Mosaik berat

4 = Mosaik berat + daun menggulung

3.6.3 Pertumbuhan Tinggi Tanaman

Pengamatan tinggi tanaman dilakukan dengan cara mengukur tinggi tanaman dari pangkal batang sampai ujung kanopi. Pengukuran dilakukan 7 hari sekali.

3.6.4 Produksi Tanaman

Pemanenan buah cabai rawit dilakukan pada umur 13 MST. Pemanenan tidak dapat dilakukan sekaligus, tetapi harus dilakukan berkali-kali sesuai dengan kematangan buah. Adapun parameter yang digunakan dalam menentukan produksi tanaman, yaitu:

a. Jumlah Buah per Tanaman

Jumlah buah ditentukan dengan cara menghitung buah pada setiap tanaman.

b. Bobot Buah per Tanaman

Bobot buah diperoleh dengan menimbang buah per tanaman saat panen.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Masa Inkubasi TMV dan Gejala Serangan pada Tanaman Cabai Rawit

Inokulasi TMV pada tanaman cabai rawit berpengaruh nyata terhadap masa inkubasi. Gejala TMV muncul antara 14 hari sampai 16 hari setelah inokulasi. Tanaman yang diberi perlakuan PGPR menunjukkan masa inkubasi serangan TMV yang lebih lama dibanding dengan tanaman tanpa PGPR. Hal ini menunjukkan adanya kemampuan PGPR dalam memperlambat perkembangan TMV atau menunda pemunculan gejala awal sehingga ekspresi gejala yang muncul lebih lama dibandingkan dengan tanaman yang tanpa diberi perlakuan PGPR.

Tabel 3. Pengaruh Perlakuan PGPR terhadap Masa Inkubasi TMV

Perlakuan Masa Inkubasi (h.		(hari)
PGPR P. fluorescens	14,67	ab
PGPR Azotobacter sp.	16,33	bc
PGPR B. subtilis	16,17	abc
PGPR P. fluorescens dan Azotobacter sp.	16,67	c
PGPR P. fluorescens dan B. subtilis	16,00	abc
PGPR Azotobacter sp. dan B. subtilis	15,00	abc
Tanpa PGPR	14,33	a
BNJ 5%	1,95	

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji BNJ pada taraf kesalahan 5%.

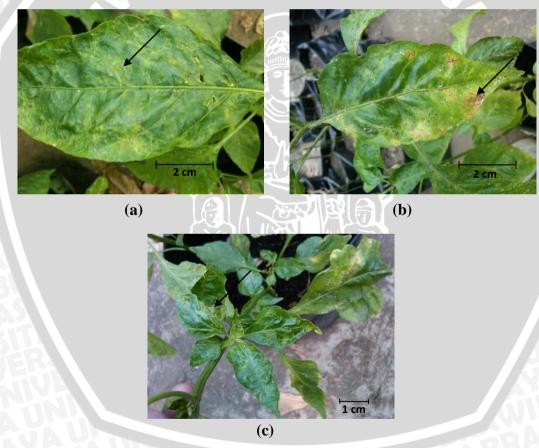
Berdasarkan ANOVA bahwa pemberian PGPR berpengaruh sangat nyata terhadap masa inkubasi TMV (Tabel Lampiran 1). Waktu munculnya gejala pertama pada tanaman yang diinokulasi dengan TMV berbeda-beda pada semua perlakuan, baik tanaman yang diberi perlakuan PGPR maupun tanpa PGPR (Tabel 3). Tanaman dengan perlakuan PGPR *P. fluorescens* dan *Azotobacter* sp. terlihat bahwa terdapat perbedaan masa inkubasi yang nyata dengan tanaman tanpa PGPR. Akan tetapi masa inkubasi pada tanaman tanpa PGPR tidak terdapat perbedaan yang nyata dengan tanaman yang diberi perlakuan PGPR *P. fluorescens*, *B. subtilis*, kombinasi antara PGPR *P. fluorescens* dan *B. subtilis*,

serta kombinasi PGPR *Azotobacter* sp. dan *B. subtilis*. Masa inkubasi tanaman dengan perlakuan kombinasi PGPR *P. fluorescens* dan *Azotobacter* sp. tidak terdapat perbedaan yang nyata pula dengan tanaman yang diperlakukan dengan PGPR *Azotobacter* sp., *B. subtilis*, kombinasi antara PGPR *P. fluorescens* dan *B. subtilis*, serta *Azotobacter* sp. dan *B. subtilis*. Namun terdapat perbedaan masa inkubasi yang nyata dengan tanaman yang diberi perlakuan PGPR *P. fluorescens*.

Rata-rata masa inkubasi TMV tercepat adalah 14,33 hari setelah inokulasi, yaitu pada tanaman tanpa PGPR. Sedangkan masa inkubasi TMV terlama pada perlakuan kombinasi antara PGPR *P. fluorescens* dan *Azotobacter* sp. yaitu 16,67 hari. Pada berbagai perlakuan terdapat kecenderungan perbedaan pada masa inkubasi TMV, akan tetapi tanaman cabai rawit yang diberi perlakuan PGPR dapat menunda terhadap pemunculan gejala infeksi TMV sehingga masa inkubasi TMV menjadi lebih lama dibanding dengan tanaman tanpa perlakuan PGPR. Penundaan masa inkubasi tersebut diduga karena dipengaruhi oleh sistem induksi resistensi oleh rizobakteri. Rizobakteri merupakan kelompok bakteri yang hidup bebas mengkolonisasi daerah perakaran tanaman dan menguntungkan bagi pertumbuhan akar. Hal ini didukung oleh pendapat Van Loon *et al.* (1998), rizobakteri dapat menginduksi ketahanan tanaman dengan menginduksi produksi protein ketahanan sehingga membuat tanaman resisten terhadap infeksi patogen.

Gejala pada tanaman cabai rawit yang diberi perlakuan PGPR *P. fluorescens, Azotobacter* sp., *B. subttilis*, dan tanaman tanpa PGPR yang terinfeksi TMV berdasarkan hasil penelitian yaitu daun mengalami mosaik, klorosis, nekrotik, dan malformasi (Gambar 2). Gejala awal yang tampak pada tanaman cabai rawit yang terinfeksi TMV adalah sama, yaitu munculnya mosaik pada daun muda, yang selanjutnya diikuti dengan klorosis akibat berkurangnya kandungan klorofil tanaman karena proses fotosintesis terganggu, dan daun menjadi berwarna pucat. Disamping itu gejala yang tampak pada tanaman cabai rawit yang terinfeksi TMV adalah daun mengalami nekrotik, serta serangan TMV akan meluas ke seluruh permukaan daun dan menjadikan daun tanaman cabai rawit mengeriting. Selain itu gejala yang tampak pada tanaman cabai rawit yang terinfeksi TMV adalah daun mengalami malformasi ke atas.

Virus TMV yang menyerang tanaman cabai rawit menyebabkan daun mengalami mosaik dengan perubahan warna daun menjadi belang-belang hijau kekuningan, serta daun muda tanaman cabai rawit akan mengeriting (berkerut). Gejala awal serangan TMV bersifat lokal hanya pada bagian daun yang diinokulasikan, kemudian gejala akan menjadi sistemik pada seluruh bagian daun tanaman (Anonymous, 2012). Gejala serangan TMV tersebut didukung oleh pendapat Hadiastono (2003), bahwa penyebaran beberapa jenis virus dapat berlangsung secara sistemik karena dapat meginfeksi semua sel atau jaringan hidup tanaman.



Gambar 2. Gejala serangan TMV pada daun tanaman cabai rawit (a) Gejala mosaik; (b) Gejala nekrotik; (c) Gejala malformasi

4.2 Intensitas Serangan TMV pada Tanaman Cabai Rawit

Berdasarkan ANOVA bahwa perlakuan PGPR mempengaruhi intensitas serangan TMV pada tanaman cabai rawit (Tabel Lampiran 2).

Tabel 4. Rerata Intensitas Serangan TMV pada Tanaman Cabai Rawit

Perlakuan	Intensitas Serangan (%)
PGPR P. fluorescens	30,37 ab
PGPR Azotobacter sp.	23,02 ab
PGPR B. subtilis	24,81 ab
PGPR P. fluorescens dan Azotobacter sp.	10,08 a
PGPR P. fluorescens dan B. subtilis	14,44 ab
PGPR Azotobacter sp. dan B. subtilis	22,24 ab
Tanpa PGPR	37,89 b
BNJ 5%	26,11

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji BNJ pada taraf kesalahan 5%.

ANOVA menunjukkan pemberian PGPR berpengaruh nyata terhadap intensitas serangan TMV. Intensitas serangan TMV pada tanaman cabai rawit dengan perlakuan PGPR P. fluorescens dan Azotobacter sp. terlihat bahwa terdapat perbedaan yang nyata dengan tanaman tanpa PGPR. Intensitas serangan TMV pada tanaman cabai rawit tanpa PGPR tidak terdapat perbedaan yang nyata dengan tanaman cabai rawit yang diberi perlakuan PGPR P. fluorescens, Azotobacter sp., B. subtilis, kombinasi antara PGPR P. fluorescens dan B. subtilis, serta kombinasi PGPR Azotobacter sp. dan B. subtilis. Begitu juga intensitas serangan TMV pada tanaman cabai rawit dengan perlakuan kombinasi PGPR P. fluorescens dan Azotobacter sp. tidak terdapat perbedaan yang nyata dengan tanaman cabai rawit yang diberi perlakuan PGPR P. fluorescens, Azotobacter sp., B. subtilis, kombinasi antara PGPR P. fluorescens dan B. subtilis, serta kombinasi PGPR Azotobacter sp. dan B. subtilis.

Berdasarkan Tabel 4 dapat dilihat bahwa intensitas serangan TMV pada tanaman cabai rawit tanpa PGPR memiliki nilai intensitas lebih tinggi dibandingkan dengan tanaman cabai rawit yang diberi perlakuan PGPR, yaitu sebesar 37,89% intensitas serangannya. Pada tanaman cabai rawit dengan

perlakuan PGPR P. fluorescens dan Azotobacter sp. memiliki nilai intensitas yang paling rendah, yaitu sebesar 10,08%. Menurut Siboe (2007) dan Abdullahi et al. (2005) dalam Idris (2009), daya patogenitas suatu patogen dipengaruhi oleh faktor internal seperti umur dan kondisi fisik patogen itu sendiri serta faktor eksternal seperti iklim dan kondisi lingkungan.

Tanaman cabai rawit dengan perlakuan kombinasi kedua PGPR menunjukkan perbedaan intensitas serangan TMV yang lebih rendah dibandingkan dengan tanaman cabai rawit tanpa PGPR dan tiga perlakuan PGPR yang lain tanpa kombinasi (Tabel 4). Tidak ada perbedaan yang nyata pada tiga perlakuan PGPR tanpa kombinasi terhadap perlakuan tanpa PGPR. Hal ini memberi arti bahwa pemberian kombinasi kedua PGPR dapat menurunkan intensitas serangan TMV yang nyata pada tanaman cabai rawit, yaitu pada tanaman dengan perlakuan kombinasi PGPR P. fluorescens dan Azotobacter sp. Sedangkan pada perlakuan satu jenis PGPR (P. fluorescens, Azotobacter sp., dan B. subtilis saja) belum mampu menurunkan intensitas serangan TMV pada tanaman cabai rawit. Akan tetapi tanaman cabai rawit yang diberi perlakuan PGPR memiliki intensitas serangan yang rendah dibandingkan dengan tanaman cabai rawit tanpa PGPR. Rendahnya intensitas serangan TMV diduga disebabkan oleh kemampuan PGPR Azotobacter sp. dalam memfiksasi nitrogen. Hal ini didukung oleh pendapat Gardner et al. (1991), bahwa beberapa jenis bakteri PGPR juga merupakan penambat N₂ dari udara seperti Azotobacter sp. yang jika berasosiasi dengan perakaran tanaman dapat membantu tanaman dalam memperoleh nitrogen melalui proses fiksasi nitrogen oleh mikroorganismemikroorganisme tersebut. Dengan demikian maka unsur hara yang dibutuhkan oleh tanaman akan terpenuhi, dan tanaman dapat tumbuh dengan baik. Dengan kondisi lingkungan yang sehat, maka tanaman akan menjadi tahan terhadap serangan patogen.

Disamping itu rendahnya intensitas serangan TMV disebabkan karena adanya siderofor yang diproduksi oleh PGPR yang berperan dalam induksi resistensi atau peningkatan ketahanan tanaman terhadap OPT. Hal ini dinyatakan oleh Kloepper dan Schroth (1978), bahwa kemampuan PGPR sebagai agen pengendalian hayati adalah karena kemampuannya bersaing untuk mendapatkan zat makanan, atau karena hasil-hasil metabolit seperti siderofor, hidrogen sianida, antibiotik, atau enzim ekstraseluler yang bersifat antagonis melawan patogen. Selain itu, bakteri PGPR juga berperan dalam melindungi tanaman dari serangan patogen melalui mekanisme antibiosis, parasitisme, atau melalui peningkatan respon ketahanan tanaman (Whipps, 2001). Salah satu penentu dalam penekanan patogen tumbuhan melalui antibiosis adalah adanya antibiotik yang diproduksi. Menurut Weller dan Cook (1983), antibiotik pertama yang digunakan dalam pengendalian hayati ialah derivatif phenazine yang dihasilkan oleh *P. fluorescens*.

Selain mekanisme antibiosis, PGPR P. fluorescens mampu berkompetisi nutrisi berupa ion Fe yang terjadi pada kondisi dimana ion Fe dalam jumlah yang terbatas. PGPR mampu membentuk senyawa pengikat atau pengkelat ion tersebut sehingga menjadi tidak tersedia bagi mikroorganisme lain termasuk patogen. Senyawa tersebut disebut sebagai siderofor. Menurut Kloepper et al. (1978), siderofor dapat menghasilkan penghambatan produksi pertumbuhan mikroorganisme lain yang ikatan besinya lebih rendah. P. fluorescens juga memiliki kemampuan dalam menginduksi ketahanan pada tanaman yang diinokulasi. Adanya ketahanan terinduksi dapat diketaui dari pengurangan gejala penyakit, perubahan faktor-faktor biokimia dalam tanaman yang menyebabkan tanaman tahan terhadap penyakit (Van Loon, 1997). Laporan Leeman et al. (1995) mengatakan bahwa keparahan penyakit pada tanaman dengan perlakuan PGPR akan lebih rendah (gejala lebih ringan) dibandingkan dengan tanaman tanpa PGPR.

4.3 Pertumbuhan Tinggi Tanaman Cabai Rawit

Hasil rerata menunjukkan perlakuan PGPR mempengaruhi tinggi tanaman cabai rawit terhadap serangan TMV (Tabel 5).

Tabel 5. Rerata Tinggi Tanaman Cabai Rawit setelah diinfeksi TMV

Perlakuan	Tinggi Tanaman (cm)
PGPR P. fluorescens	57,27 ab
PGPR Azotobacter sp.	63,27 ab
PGPR B. subtilis	64,90 ab
PGPR P. fluorescens dan Azotobacter sp.	69,25 b
PGPR P. fluorescens dan B. subtilis	61,02 ab
PGPR Azotobacter sp. dan B. subtilis	45,83 a
Tanpa PGPR	45,53 a
BNJ 5%	23,00

Keterangan : Angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji BNJ pada taraf kesalahan 5%.

Berdasarkan ANOVA bahwa pemberian PGPR berpengaruh nyata terhadap tinggi tanaman cabai rawit (Tabel Lampiran 3). Pada Tabel 5 dapat dilihat pertumbuhan tinggi tanaman cabai rawit dengan perlakuan PGPR *P. fluorescens* dan *Azotobacter* sp. terdapat perbedaan yang nyata dengan tanaman cabai rawit tanpa PGPR. Hal ini mengindikasikan bahwa PGPR *P. fluorescens* dan *Azotobacter* sp. mampu meningkatkan pertumbuhan tinggi tanaman cabai rawit yang lebih baik dibandingkan dengan tanaman yang tidak diberi perlakuan PGPR. Akan tetapi tidak ada perbedaan tinggi tanaman yang nyata dengan tanaman cabai rawit yang diberi perlakuan PGPR *P. fluorescens*, *Azotobacter* sp., *B. subtilis*, dan antara kombinasi PGPR *P. fluorescenss* dan *B. subtilis*.

Pada Tabel 5 juga menunjukkan tinggi tanaman pada tanaman cabai rawit tanpa perlakuan PGPR tidak terdapat perbedaan yang nyata dengan tanaman cabai rawit yang diberi perlakuan PGPR *P. fluorescens, Azotobacter* sp., *B. subtilis*, kombinasi antara *P. fluorescens* dan *B. subtilis*, serta kombinasi *Azotobacter* sp. dan *B. subtilis*. Walaupun demikian, tanaman dengan perlakuan PGPR mampu memberikan pengaruh pada pertumbuhan tinggi tanaman cabai rawit yang terinfeksi virus TMV. Terutama pada tanaman cabai rawit dengan perlakuan kombinasi PGPR yaitu *P. fluorescens* dan *Azotobacter* sp. yang

memberikan pengaruh nyata terhadap tinggi tanaman cabai rawit. Hal ini diduga kemampuan PGPR menghasilkan fitohormon membuat tanaman dapat menambah luas permukaan akar-akar halus dan meningkatkan ketersediaan nutrisi di dalam tanah. Hasil penelitian Masnilah dkk (2009) menunjukkan bahwa perlakuan PGPR dapat meningkatkan pertumbuhan akar tanaman kedelai dibandingkan dengan perlakuan kontrol. Hal ini menyebabkan penyerapan unsur hara dan air dapat dilakukan dengan baik, sehingga kesehatan tanaman juga semakin baik. Dengan semaik baiknya kesehatan tanaman, ketahanan tanaman terhadap tekanan juga akan semakin meningkat. Baik tekanan karena faktor biotik seperti gangguan OPT, maupun tekanan abiotik seperti suhu dan kelembaban.

PGPR mampu meningkatkan pertumbuhan tanaman secara langsung melalui hormon-hormon pertumbuhan yang dihasilkan seperti Giberelin (Gac) dan indole 3-acetic acid (IAA). IAA merupakan hormon pertumbuhan kelompok auksin yang berguna untuk merangsang pertumbuhan tanaman. Auksin berguna untuk meningkatkan pertumbuhan sel batang, menghambat proses pengguguran daun, merangsang pembentukan buah, serta merangsang pertumbuhan kambium, dan menghambat pertumbuhan tunas ketiak (Tjondronegoro et al. 1989). Pada tanaman cabai rawit yang terinfeksi virus akan terjadi penurunan zat pengatur tumbuh (hormon) dan peningkatan kadar senyawa penghambat pertumbuhan (Agrios, 1996). TMV yang menginfeksi tanaman cabai rawit dapat menghambat pertumbuhan tinggi tanaman sampai mengakibatkan tanaman menjadi kerdil (Semangun, 2001). Menurut Ramamoorthy et al. (2001) PGPR akan menghasilkan induksi ketahanan sistemik sehingga mampu membentuk senyawa kimia yang berguna dalam pertahanan terhadap serangan patogen. Dengan semakin rendahnya serangan TMV pada tanaman cabai rawit, maka pertumbuhan dan produksi tanaman cabai rawit juga semakin meningkat.

4.4 Produksi Tanaman

4.4.1 Jumlah Buah

Hasil rerata menunjukkan perlakuan PGPR berpengaruh nyata terhadap jumlah buah tanaman cabai rawit (Tabel 6).

Tabel 6. Rerata Jumlah Buah Tanaman Cabai Rawit setelah diinfeksi TMV

Perlakuan	Jumlah Buah
PGPR P. fluorescens	1,41 ab
PGPR Azotobacter sp.	1,56 ab
PGPR B. subtilis	1,45 ab
PGPR P. fluorescens dan Azotobacter sp.	0,94 a
PGPR P. fluorescens dan B. subtilis	2,73 b
PGPR Azotobacter sp. dan B. subtilis	1,28 ab
Tanpa PGPR	1,13 ab
BNJ 5%	1,65

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji BNJ pada taraf kesalahan 5%.

Pemanenan dilakukan pada saat tanaman cabai rawit berumur 13 MST. Dari hasil pemanenan dapat dilakukan pengukuran bobot buah dan penghitungan jumlah buah. Berdasarkan ANOVA bahwa pemberian PGPR berpengaruh nyata terhadap jumlah buah pada tanaman cabai rawit (Tabel Lampiran 4). Jumlah buah pada tanaman cabai rawit dengan perlakuan kombinasi PGPR P. fluorescens dan Azotobacter sp. menunjukkan perbedaan yang nyata terhadap tanaman cabai rawit dengan perlakuan kombinasi PGPR P. fluorescens dan B. subtilis. Hal ini menunjukkan bahwa tanaman cabai rawit dengan perlakuan kombinasi PGPR P. fluorescens dan B. subtilis lebih memberikan pengaruh terhadap jumlah buah pada tanaman cabai rawit. P. fluorescens dan B. subtilis banyak dilaporkan sebagai penghasil fitohormon dalam jumlah yang besar khususnya IAA untuk merangsang pertumbuhan (Watanabe et al., 1987). IAA merupakan hormon pertumbuhan kelompok auksin yang berguna untuk merangsang pertumbuhan tanaman.

Melalui Tabel 6 juga dapat diketahui jumlah buah pada tanaman cabai rawit dengan perlakuan kombinasi PGPR P. fluorescens dan B. subtilis tidak menunjukkan perbedaan yang nyata dibandingkan dengan perlakuan pada PGPR

P. fluorescens, Azotobacter sp., B. subtilis, kombinasi antara PGPR Azotobacter sp., B. subtilis, serta tanaman tanpa PGPR. Jumlah buah pada tanaman cabai rawit tanpa PGPR tidak berbeda nyata dengan tanaman yang diperlakukan dengan PGPR. Walaupun terdapat kecenderungan perbedaan jumlah buah pada berbagai perlakuan, akan tetapi perlakuan dengan PGPR memberikan pengaruh terhadap jumlah buah. Hal ini dikarenakan pada PGPR terdapat hormon auksin yang berguna untuk merangsang pertumbuhan tanaman, salah satunya yaitu merangsang pembentukan buah.

4.4.2 Bobot Buah

Pengukuran bobot buah bertujuan untuk mengetahui pengaruh perlakuan pemberian PGPR terhadap buah cabai rawit. Dengan adanya pemberian PGPR diharapkan dapat meningkatkan mutu buah cabai rawit baik dari segi kuantitas maupun kualitas.

Pengukuran bobot buah dilakukan juga untuk mengetahui pengaruh pemberian PGPR pada tanaman cabai rawit yang diinokulasi TMV. Dengan adanya pemberian PGPR pada tanaman cabai rawit yang diinokulasi TMV diharapkan dapat mengurangi pengaruh infeksi TMV pada tanaman, sehingga buah yang dihasilkan akan sedikit lebih baik mutunya daripada yang tidak diberi perlakuan PGPR. Hal ini dapat dilihat bobot buah pada tabel 7.

Tabel 7. Rerata Bobot Buah Tanaman Cabai Rawit setelah diinfeksi TMV

Perlakuan	Bobot Buah
	(gram/tanaman)
PGPR P. fluorescens	1,04 a
PGPR Azotobacter sp.	1,35 ab
PGPR B. subtilis	1,16 ab
PGPR P. fluorescens dan Azotobacter sp.	1,27 ab
PGPR P. fluorescens dan B. subtilis	2,17 b
PGPR Azotobacter sp. dan B. subtilis	1,17 ab
Tanpa PGPR	1,02 a
BNJ 5%	1,12

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji BNJ pada taraf kesalahan 5%.

Berdasarkan ANOVA bahwa pemberian PGPR berpengaruh nyata terhadap bobot buah pada tanaman cabai rawit (Tabel Lampiran 5). Pada Tabel 7 dapat dilihat bobot buah pada tanaman cabai rawit dengan perlakuan kombinasi PGPR *P. fluorescens* dan *B. subtilis* terdapat perbedaan yang nyata terhadap tanaman cabai rawit tanpa PGPR. Hal ini mengindikasikan bahwa pemberian kombinasi PGPR *P. fluorescens* dan *B. subtilis* mempengaruhi bobot buah pada tanaman cabai rawit. PGPR *P. fluorescens* dapat menghasilkan hormon auksin yang dapat merangsang pembentukan buah, sedangkan *B. subtilis* menghasilkan hormon sitokinin (Timmusk *et al.* 1999), jika bersama IAA, sitokinin dapat merangsang pembelahan sel secara cepat (Tjondronegoro *et al.* 1989) sehingga pembentukan bobot buah bisa lebih baik.

Pada Tabel 7 bahwa pada tanaman cabai rawit tanpa PGPR tidak menunjukkan perbedaan yang nyata dengan keenam perlakuan PGPR yang lainnya. Akan tetapi tanaman cabai rawit dengan perlakuan PGPR memiliki nilai bobot buah yang lebih tinggi dibandingkan dengan tanaman cabai rawit tanpa PGPR. Dari hasil ini menunjukkan bahwa perlakuan ketiga jenis PGPR tersebut, yaitu PGPR P. fluorescens, Azotobacter sp., dan B. subtilis dapat mempengaruhi produksi buah pada tanaman cabai rawit. Mekanisme secara langsung yang dilakukan oleh PGPR yaitu dengan cara mensintesis metabolit misalnya senyawa yang merangsang pembentukan fitohormon seperti indole acetic acid (IAA), atau dengan meningkatkan pengambilan nutrisi tanaman. IAA merupakan salah satu hormon pertumbuhan tanaman yang sangat penting. IAA merupakan bentuk aktif dari hormon auksin yang dijumpai pada tanaman dan berperan meningkatkan kualitas dan hasil panen. Fungsi hormon IAA bagi tanaman antara lain meningkatkan perkembangan sel, merangsang pembentukan akar baru, memacu pertumbuhan, merangsang pembungaan, serta meningkatkan aktivitas enzim (Arshad & Frankenberger, 1993).

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

- 1. Pemberian satu jenis PGPR tunggal yaitu P. fluorescens, Azotobacter sp., dan B. subtilis berpengaruh terhadap penurunan intensitas serangan TMV (Tobacco Mosaic Virus) pada tanaman cabai rawit.
- 2. Pemberian PGPR kombinasi P. fluorescens dan Azotobacter sp. dapat menurunkan intensitas serangan TMV (Tobacco Mosaic Virus) pada tanaman cabai rawit hingga 89,92%. Tinggi tanaman cabai rawit dengan perlakuan PGPR kombinasi P. fluorescens dan Azotobacter sp. dapat mencapai 69,25 cm. Sedangkan PGPR dengan kombinasi P. fluorescens dan B. subtilis dapat meningkatkan produksi pada tanaman cabai rawit, dengan rerata jumlah cabai rawit 2,73 buah per tanaman dan rerata bobot buah 2,17 gram per tanaman.

5.2 Saran

Perlu dilakukan pengaplikasian PGPR pada tanaman cabai rawit yang tanpa diinokulasi TMV (Tobacco Mosaic Virus), sehingga dapat diketahui peran PGPR pada tanaman yang sehat dan pada tanaman yang terinfeksi TMV.

DAFTAR PUSTAKA

- Abadi, A. L. 2000. Ilmu Penyakit Tumbuhan Jilid 3. Banyumedia Publishing. Malang. 137 Hlm.
- Abadi, A. L. 2003. Ilmu Penyakit Tumbuhan II. Bayumedia Publishing. Malang. 145 Hlm.
- Agrios, G. N. 1996. Ilmu Penyakit Tumbuhan Edisi Ketiga. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta. 713 Hlm.
- Alexander, M. 1977. *Introduction to Soil Mycrobiology*. 2nd Ed. New York. John Wiley and Sons.
- Andayaningsih, P. 2000. Pengaruh Takaran Molase Terhadap Perkembangan *Azotobacter* Indigenus Podsolik Merah Kuning Asal Subang Pada Media Gambut. *J. Bionatura* 2: 66-74.
- Anonymous. 2012. *Tobacco Mosaic Virus* (TMV). (http://en.wikipedia.org/wiki/Tobacco_mosaic_virus, diakses 28 Januari 2012).
- Arshad, M. dan W.T. Frankenberger. 1993. Microbial Production of Plant Growth Regulator. pp. 307-347. In F.B. Melting (Ed). Soil Microbial Ecology. Applications in Agricultural and Environmental Management. Marcel Dekker, Inc. New York.
- Asghar H. N., Z. A. Zahir, dan M. Arsyad. 2004. Screening Rhizobacteria for Improving The Growth, Yield and Oil Content of Canola (*Brassica napus* L.). Australian Journal of Agricultural Research 55: 187-194.
- Badan Pusat Statistik Republik Indonesia. 2011. Produksi Cabai Nasional.
- Badan Pusat Statistik dan Direktorat Jenderal Hortikultura Deptan RI.YT Produksi Cabai Rawit Menurut Propinsi Tahun 2007-2011. www.deptan.go.id/infoeksekutif/.../ Produksi%20Caabe%20Besar.pdf. Diakses pada tanggal 16 Oktober 2012.
- Banik, S. dan B. K. Dey. 1982. Available Phosphate Content of An Alluvial Soil as Influenced by Inoculation of Some Isolated Phosphate-solubilizing micro-organisms. *Plant and Soil*. 69:353-364.
- Bos, L. 1990. Pengantar Virologi Tumbuhan. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta. 226 Hlm.

- CAB Internasional. 2003. *Crop Protection Compendium* [serial online]. CAB International.
- Compant, S., B. Duffy, J. Nowak, C. Cle'Ment, dan E. D. A. Barka. 2005. Use of Plant Growth-Promoting Bacteria for Biocontrol of Plant Diseases: Principles, Mechanisms of Action, and Future Prospects. *Applied and Environmental Microbiology* 72(9): 4951-4959.
- Cook, R. J. dan Baker K. F. 1983. The Nature and Practice of Biological Control of Plant Pathogens. StPaul: APS Press.
- Gardner, F. P., R. B. Pearce, dan R. L. Mitchel. 1991. *Fisiologi Tanaman Budidaya*. Ed. Bahasa Indonesia. Universitas Indonesia.
- Gibbs, A. dan B. Harrison. 1976. Plant Virology. The Principles. Edward Arnold. London. 18-32.
- Guo, J. H., H. Y. Qi, Y. H. Guo, H. L. Ge, L. Y. Gong, L. X. Zhang, dan P. H. Sun. 2004. Biocontrol of Tomato Wilt by Plant Growth-Promoting Rhizobacteria. *Biol Control*. 29:66-72.
- Hindersah, R. dan T. Simarmata. 2004. Potensi Rizobakteri *Azotobacter* dalam Meningkatkan Kesehatan Tanah. *J. Natura Ind.* 5: 127-133.
- Hadiastono, T. 2003. Virologi Tumbuhan. Fakultas Pertanian. Universitas Brawijaya. Malang. 83 Hlm.
- Haefele, S.M., S. M. A. Jabbar, J. D. L. C. Siopongco, A. Tirol-Padre, S. T. Amarante, P. C. Stacruz, dan W. C. Cosico. 2008. Nitrogen Use Efficiency In Selected Rice (*Oryza sativa* L.) Genotypes Under Different Water Regimes and Nitrogen Levels. *Crop Res* 107: 137-146.
- Han, H. S. dan K. D. Lee. 2005. Phosphate and Potassium Solubilizing Bacteria Effect on Mineral Uptake, Soil Availability and Growth of Eggplant. *Res J Agric and Biol Scie*. 2:176-180.
- Hamim, N. Rachmania, I. Hanarida, dan N. Sumarni. 2007. Pengaruh pupuk biologi terhadap pola serapan hara, ketahanan penyakit, produksi dan kualitas hasil beberapa tanaman pangan dan sayuran unggulan. Bogor. Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat. IPB.
- Idris, H. dan Nasrun. 2009. Pengaruh Cara Inokulasi *Synchytrium pogostemonis* Terhadap Gejala Budok dan Pertumbuhan Nilam. Bul.littro. Vol. 20 (2): 157-166.

- Illmer, P. dan F. Schinner. 1992. Solubilization of Inorganic Phosphate by Microorganisms Isolated from Forest Soils. *Soil Biol Biochem.* 24: 389-395.
- Isminarni, F., S. Wedhastri, J. Widada, dan B. H. Purwanto. 2007. Penambatan Nitrogen dan Penghasilan Indol Asam Asetat oleh Isolat-isolat *Azotobacter* pada pH Rendah dan Aluminium Tinggi. *J Ilmu Tanah dan Lingkungan*. 7: 23-30.
- Ji, P., H. L. Campbell, J. W. Kloepper, J. B. Jones, T. V. Suslow, dan M. Wilson. 2005. Integrated Biological Control of Bacterial Speck and Spot of Tomato Under Weld Conditions Using Foliar Biological Control Agents and Plant Growth-Promoting Rhizobacteria. *Biol Control*. 1-10. doi:10.1016/j.biocontrol.2005.09.003.
- Kloepper, J. W. dan M. N. Schroth. 1978. Plant Growth-Promoting Rhizobacteria on Radishes In: *Proceedings of the 4th International Conference on Plant Pathogenic Bactera*. Vol. 2. Station de Pathologie Vegetale et de Phytobacteriologie, INRA, Angers, France, pp.879-882.
- Kloepper, J. W. E., C. W. Ryu, dan S. Zang. 2004. Induced Systemic Resistance and Promoting of Plant Growth by *Bacillus* spp. *J Phytopath*. 94: 1259-1266.
- Leeman, M., J. A. Van Pelt, F. M. Den Quden, M. Heinsbroek, P. A. H. M. Baker, dan B. Schippers. 1995. Induction of Systemic Resistance Against Fusarium Wilt Radish by Lpopolysaccharides of *Pseudomonas fluorescens*. *Phytopathology* 85: 1021-1027.
- Masnilah, R., P. A. Mihardja, dan T. Arwiyanto. 2007. Efektivitas Isolat *Bacillus* spp. Untuk Mengendalikan Penyakit Busuk Batang Berlubang *Erwinia* carotovora pada Tembakau di Rumah Kaca. *Jurnal Mapeta* 9 (3): 154-165.
- Matiru, N. V. dan D. F. Dakora. 2004. Potential Use of Rhizobial Bacteria as Promoters of Plant Growth for Increased Yield in Landraces of African Cereal Crops. *Afric J. Biotechnol* 3:1-7.
- Matthews, R. E. F. 1981. Plant Virology. Academic Press. New York. 365 pp.
- Mishustin, E. N. dan N. K. Shilnikova. 1971. *The Biological Fixation of Atmospheric Nitrogen by Free-Living Bacteria*. London. MacMillan.
- Noordam, D. 1973. Identification of Plant Viruses. Methodes and Experiment. Pudoc Wageningen, pp 207.
- Pracaya. 1994. Bertanam Lombok. Kanisius. Yogyakarta. 68 Hlm.

- Rai, M. K. 2006. Handbook of Microbial Biofertilizer. Food Production Press. New York.
- Ramamoorthy, V., R. Viswanathan, T. Raguchander, V. Prakasam, dan R. Samiyappan. 2001. Induction of Systemic Resistance by Plant Growth Promoting Rhizobacterian Crop Plants Against Pests and Diseases. *Crop Prot.* 20: 1-11.
- Rismunandar, 1995. Mengenal Penyakit Tumbuhan. PT Trigenda Karya. Bandung. 129 Hlm.
- Rukmana, H. dan Rahmat. 2002. Usaha Tani Cabai Rawit. Kanisius. Yogyakarta. 88 Hlm.
- Salamone, G. I. E., K. H. Russel, dan M. N. Louise. 2001. Cytokinin Production by Plant Growth Promoting Rhizobacteria and Selected Mutants. *J Microbiol* 47:404-411.
- Saraswati, R. dan Sumarno. 2008. Pemanfaatan Mikroba Penyubur Tanah Sebagai Komponen Teknologi Pertanian. *Iptek Tan Pangan* 3(1): 49-50.
- Sari, C. I. N., R. Suseno, M. Sudarsono, dan Sinaga. 1997. Reaksi Sepuluh Galur Cabai terhadap Infeksi Isolat *Cucumber Mosaic Virus* (CMV) dan *Potato virus Y* (PVY) asal Indonesia. *In:* Prosiding Kongres Nasional XIV dan Seminar Ilmiah Perhimpunan Fitopatologi Indonesia. Palembang 27-29 Oktober 1997. pp:116-119.
- Semangun, H. 2001. Pengantar Ilmu Penyakit Tumbuhan. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Somers, E., J. Vanderlag, dan M. Srinivasan. 2004. Rhizosphere Bacterial Signaling: A love parade beneath our feet. *Critic Rev Microbiol* 30: 205-240.
- Sulyo, Y. 1984. Penurunan Hasil Beberapa Varietas Lombok Akibat Infeksi *Cucumber Mosaic Virus* (CMV) di Rumah Kaca. Laporan Hasil Penelitian, Balai Penelitan Hortikultura Lembang 1982/1983.
- Sutedjo, M. M., A. G. Kartasapoetra, dan S. Sastroatmodjo. 1991. *Mikrobiologi Tanah*. Jakarta. Rineka Cipta.
- Sutic, D. D., R. E. Ford, dan M. T. Tosic. 1999. *Handbook of Plant Virus Disease*. New York: CRC Press.
- Taiz, L. dan D. Zeiger. 2002. Plant Physiology. 3rd Ed. Sinauer. Sunderland.

- Timmusk, S., E. Tillberg, B. Nicander, dan U. Granhall. 1999. Cytokinin Production by Paenibacillus polymixa. Soil Biol. & Biochem. 31: 1847-1852.
- Tjondronegoro, P. D., M. Natasaputra, A. W. Gunawan, M. Djaelani, dan A. Suwanto. 1989. Botani Umum. Bogor: PAU Ilmu Hayat Institut Pertanian Bogor.
- Van Loon, L. C., P. A. Bakker, dan C. M. J. Pieterse. 1998. Systemic Resistance Induced by Rhizoshere Bacteria. Phytopathology 88:453-483.
- Vessey, J. K. 2003. Plant Growth Promoting Rhizobacteria as Biofertilizer. Plant and Soil. 255: 571-586.
- Voisard, C., C. Keel, D. Haas, dan G. Defago. 1989. Cyanide Production by Pseudomonas fluorescens Helps Suppres Black Root Rot of Tobacco Under Genotobiotic Conditions. Eur Mol Biol Org J. 8:351-358.
- Watanabe, I., R. So, J. K. Ladha, Y. Katayama-Fujimura, dan H. Kuraishi. 1987. A New Nitrogen-fixing Species of Pseudomonad: Pseudomonas diazotrophichus, nov. Isolated from rice. Can J Microbiol 33:670-678.
- Wei, G., J. W. Kloepper, dan S. Tuzun. 1991. Induction of Systemic Resistance of Cucumber to Colletotrichum orbiclilare by Select Strain of Plant Growth-Promoting Rhizobacteria. Phytopath. 81: 1508-1512.
- Whipps, J. M. 2001. Microbial Interaction and Biocontrol in The Rhizosphere J Exp Bot. 52:4 487-511.
- Wibowo, S. T. 2007. Respon morfologi dan fisiologi beberapa tanaman budidaya terhadap aplikasi kompos yang diperkaya dengan mikroba activator. [tesis]. Bogor: Program Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor.
- Zhang, F., N. Dashti, R. K. Hynes, dan D. L. Smith. 1997. Plant Growth Promoting Rhizobacteria and Soybean (Glycine max L. Merr) Growth and Physiology at Suboptimal Root Zone Temperatures. Ann. Bot. 79: 243-249.

LAMPIRAN

Tabel Lampiran 1. ANOVA Masa Inkubasi TMV pada Tanaman Cabai Rawit

ok	dh	Πz	KT	Ebi		Ftab
sk db	Jk KT	Fhit	5%			
perlakuan	6	14,98	2,50	5,11	**	2,85
galat	14	6,83	0,49			
total	20	21,81	AS	BR	11	

Tabel Lampiran 2. ANOVA Intensitas Serangan TMV pada Tanaman Cabai Rawit

		044	All various Mary		
sk	db	Jk J	КТ	Fhit	Ftab 5%
perlakuan	6	1558,74	259,79	2,96 *	2,85
galat	14	1228,02	87,72		
total	20	2786,75	(A)	N 45	

Tabel Lampiran 3. ANOVA Tinggi Tanaman Cabai Rawit setelah diinfeksi TMV

sk	db	Jk KT	Fhit	Ftab 5%
perlakuan	6	1544,49 257,42	3,78 *	2,85
galat	14	952,62 68,04		
total	20	2497,11		

Tabel Lampiran 4. ANOVA Jumlah Buah Tanaman Cabai Rawit setelah diinfeksi TMV

sk	db	Jk	KT	Fhit	Ftab 5%
perlakuan	6	6,12	1,02	2,89 *	2,85
perlakuan galat	14	4,93	0,35		
total	20	11,05			

Tabel Lampiran 5. ANOVA Bobot Buah Tanaman Cabai Rawit setelah diinfeksi TMV

sk	db	Jk	KT	Fhit	Ftab 5%
perlakuan	6	2,80	0,47	2,88 *	2,85
galat	14	2,27	0,16		
total	20 /	5,07			