

**PENGARUH DOSIS PGPR TERHADAP KETAHANAN CABMV
(*Cowpea Aphid Borne Mosaic Virus*) PADA TANAMAN
KACANG PANJANG (*Vigna sinensis* L.)**

Oleh :

APRILYA MENSA BENBOW GODHAM PAMUNGKAS



**UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS PERTANIAN
MALANG**

2017

**PENGARUH DOSIS PGPR TERHADAP KETAHANAN CABMV
(*Cowpea Aphid Borne Mosaic Virus*) PADA TANAMAN
KACANG PANJANG (*Vigna sinensis* L.)**

Oleh:

APRILYA MENSA BENBOW GODHAM PAMUNGKAS

0910483091

**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
2017**

PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa segala pernyataan dalam skripsi ini merupakan gagasan atau hasil penelitian saya sendiri, dengan bimbingan komisi pembimbing. Komisi ini tidak pernah di ajukan 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.

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



Malang, Februari 2017

Aprilya Mensa Benbow Godham Pamungkas

LEMBAR PENGESAHAN

Mengesahkan

MAJELIS PENGUJI

Penguji I

Prof. Dr. Ir. Abdul Latief Abadi, MS.
NIP. 19550821 198002 1 002

Penguji II

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

Penguji III

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

Penguji IV

Dr. Ir. Ludji Pantja Astuti, MS.
NIP. 19551018 198601 2 001

Tanggal Lulus :



LEMBAR PERSETUJUAN

Judul Penelitian : Pengaruh Dosis Pgpr Terhadap Ketahanan Cabmv (*Cowpea Aphid Borne Mosaic Virus*) Pada Tanaman Kacang Panjang (*Vigna Sinensis L.*)

Nama Mahasiswa : Aprilya Mensa Benbow Godham Pamungkas

NIM : 0910483091

Jurusan : Hama dan Penyakit Tumbuhan

Program Studi : Agroekoteknologi

Disetujui

Pembimbing Utama,

Pembimbing Pendamping,

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

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

Diketahui,
Ketua Jurusan

Dr. Ir. Ludji Pantja Astuti, MS.
NIP. 19551018 198601 2 001

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

*Sometimes we need to lose the small battles in order
to win the war.*



Bismillah
"Tuntutlah ilmu.

Di saat kamu miskin, ia akan menjadi hartamu.

Di saat kamu kaya, ia akan menjadi
perhiasanmu."



Skripsi ini saya persembahkan untuk kedua orang
tua saya tercinta (Sugeng Supriyanto dan Tatik
Ernawati).

Dan kakak saya tersayang (Jehan Supriyanto).

RINGKASAN

APRILYA MENSA BENBOW GODHAM PAMUNGKAS. 0910483091. Pengaruh Dosis PGPR Terhadap Ketahanan CABMV (*Cowpea Aphid Borne Mosaic Virus*) Pada Tanaman Kacang Panjang (*Vigna sinensis* L.). Di bawah bimbingan Prof. Dr. Ir. Tutung Hadiastono, MS. sebagai Pembimbing Utama dan Dr. Ir. Mintarto Martosudiro, MS. sebagai Pembimbing Pendamping.

Virus mosaik pada kacang panjang atau sering dikenal dengan CABMV (*Cowpea Aphid Borne Mosaic Virus*) merupakan salah satu penyakit pada tanaman kacang-kacangan yang menyebabkan timbulnya mosaik pada daun. Selain itu, gejala yang ditimbulkan lainnya berupa timbulnya daun keriting, pertumbuhan daun tidak merata, permukaan daun melepuh, kerdil, malformasi, dan kehilangan vigor. Virus ini dapat ditularkan melalui perantara aphid *Aphis craccivora* Koch. Salah satu upaya untuk mengatasi penyakit mosaik dapat dilakukan dengan penggunaan *Plant Growth Promoting Rhizobacteria* (PGPR) pada media kompos dan pupuk kandang pada tanaman kacang panjang. Kelompok *rhizobacteria* ini merupakan kelompok mikroorganisme tanah yang menguntungkan, yang hidup dan berkembang dengan baik pada tanah yang kaya akan bahan organik. Bakteri ini diketahui aktif mengkolonisasi di daerah akar tanaman dan memiliki 3 peran utama, yang pertama sebagai biofertilizer, PGPR mampu mempercepat proses pertumbuhan tanaman melalui percepatan penyerapan unsur hara, sebagai biostimulan, PGPR dapat memacu pertumbuhan tanaman melalui produksi fitohormon dan sebagai bioprotektan, PGPR melindungi tanaman dari patogen.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh dosis PGPR terhadap intensitas penyakit, pertumbuhan, kualitas dan kuantitas produksi kacang panjang. Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Penyakit Tumbuhan dan Rumah Kawat Jurusan Hama Penyakit Tumbuhan Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya, Malang, dimulai pada bulan Maret 2016 – Juli 2016. Percobaan menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) dengan enam (6) perlakuan, yaitu tanpa PGPR dan tanpa inokulasi CABMV (P1), tanpa PGPR dengan inokulasi CABMV (P2), PGPR 1 ml/l dengan inokulasi CABMV (P3), PGPR 5 ml/l dengan inokulasi CABMV (P4), PGPR 25 ml/l dengan inokulasi CABMV (P5), serta PGPR 50 ml/l dengan inokulasi CABMV (P6). Masing-masing perlakuan diulang lima (5) kali. Data pengamatan yang diperoleh dari percobaan dianalisis dengan menggunakan uji F pada taraf 5%, kemudian data yang signifikan dilanjutkan dengan uji Beda Nyata Terkecil (BNT).

Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa aplikasi PGPR tidak mempengaruhi kualitas dan kuantitas produksi tanaman kacang panjang. Namun penggunaan PGPR pada tanaman kacang panjang yang terserang penyakit CABMV dapat menurunkan intensitas serangan penyakit. Berdasarkan perhitungan ketahanan tanaman, tanaman kacang panjang dengan perlakuan tanpa PGPR dan dengan pemberian dosis terkecil berada dalam kategori tahan. Hal tersebut diduga bahwa bakteri tidak hidup di dalam tanah dikarenakan belum ada proses isolasi tanah yang bertujuan untuk memastikan keberadaan bakteri dalam tanah. Penulis menyarankan agar dilakukan penelitian lanjutan untuk mengetahui dosis optimal PGPR untuk kualitas dan kuantitas produksi tanaman kacang panjang dengan ditambah metode isolasi tanah untuk mengetahui perkembangan bakteri PGPR.

SUMMARY

APRILYA MENSA BENBOW GODHAM PAMUNGKAS. 0910483091. Effect of PGPR Dose Against The Resistance of CABMV (*Cowpea Aphid Borne Mosaic Virus*) In Long Beans (*Vigna sinensis* L.). Under the guidance of Prof. Dr. Ir. Tutung Hadiastono, MS. as Main Supervisor Dan Dr. Ir. Mintarto Martosudiro, MS. as Second Supervisor.

Mosaic virus on long beans or most known as CABMV (*Cowpea Aphid Borne Mosaic Virus*) is one of legumes' disease causing mosaic on leaves. Other than that, the symptoms appeared are curly leaves, asymmetrical leaves because of uneven growth, blistered leaf surfaces, stunted, malformations, and loss of vigor. This virus could be transmitted by *Aphis craccivora* Koch.

One of the efforts to reduce the mosaic disease is by using the Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR) on media compost and manure to the plant beans. Rhizobacteria group is a group of beneficial soil microorganisms that live and thrive in soil that is rich in organic matter. These bacteria are known to actively colonize in the root area of plants and has three main roles, firstly as biofertilizer, PGPR is able to accelerate the process of plant growth by accelerating the absorption of nutrients, as biostimulan, PGPR can stimulate plant growth through the production of phytohormones and as bioprotektan, PGPR protect plants from pathogens

This research was to determine the optimal dose of PGPR for the maximum qualities and quantities of the long beans productions. This research was done in Laboratory and greenhouse Department of Plant Pathology, Faculty of Agriculture, Brawijaya University, Malang, started from March 2016 – July 2016. The experiment used a completely randomized design (CRD) with six (6) treatments, ie without PGPR and without CABMV inoculation (P1), without PGPR with CABMV inoculation (P2), PGPR 1ml / L with CABMV inoculation (P3), PGPR 5ml / L with CABMV inoculation (P4), PGPR 25ml / L with CABMV inoculation (P5), as well as PGPR 50ml / L with CABMV inoculation (P6). Each treatment was repeated five (5) times. Data obtained from experimental observations were analyzed using the F test at 5% level, then the significant data followed by Least Significant Difference Test (BNT).

The results of this study indicate that PGPR application does not affect the quality and quantity of crop production beans. However, the use of PGPR on plant long beans CABMV disease can reduce the intensity of the disease. Based on the calculation of plant resistance, long bean plants without PGPR and with the smallest dose of PGPR is in a category-resistant. It is suspected that the bacteria do not live in the soil because there is no ground insulation process that aims to ensure the presence of bacteria in the soil. The authors suggest that further research to determine the optimal dose of PGPR to the quality and quantity of crop production of beans with ground isolation method to determine the PGPR bacterial growth.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan hidayah serta rahmat-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“Pengaruh Dosis PGPR Terhadap Ketahanan CABMV (*Cowpea Aphid Borne Mosaic Virus*) Pada Tanaman Kacang Panjang (*Vigna sinensis* L.)”**.

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar – sebesarnya, kepada Prof. Dr. Ir. Tutung Hadiastono, MS. dan Dr. Ir. Mintarto Martosudiro, MS., selaku dosen pembimbing atas segala kesabaran, nasihat, arahan, serta bimbingan kepada penulis. Ucapan terima kasih juga penulis sampaikan kepada Prof. Dr. Ir. Abdul Latief Abadi, MS. dan Dr. Ir. Ludji Pantja Astuti, MS. selaku penguji, atas nasihat, arahan, serta bimbingan kepada penulis.

Penulis juga mengucapkan terimakasih kepada Dr. Ir. Ludji Pantja Astuti, MS. sebagai Ketua Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan atas segala nasihat dan bimbingannya kepada penulis, beserta seluruh dosen atas bimbingan dan arahan yang selama ini diberikan, serta kepada karyawan Jurusan Hama Penyakit Tumbuhan, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya atas fasilitas dan bantuan yang diberikan.

Penghargaan yang tulus penulis berikan kepada kedua orangtua dan kakak atas doa, cinta, kasih sayang, pengertian, dan dukungan yang diberikan kepada penulis. Juga kepada rekan – rekan HPT khususnya Farizka, Rully, Amanda, Afri, dan Karlina, atas bantuan, dukungan, dan kebersamaan selama ini. Penulis berharap semoga hasil dari penelitian ini dapat bermanfaat bagi banyak pihak, dan memberikan sumbangan pemikiran dalam kemajuan ilmu pengetahuan.

Malang, Februari 2017

Penulis

RIWAYAT HIDUP

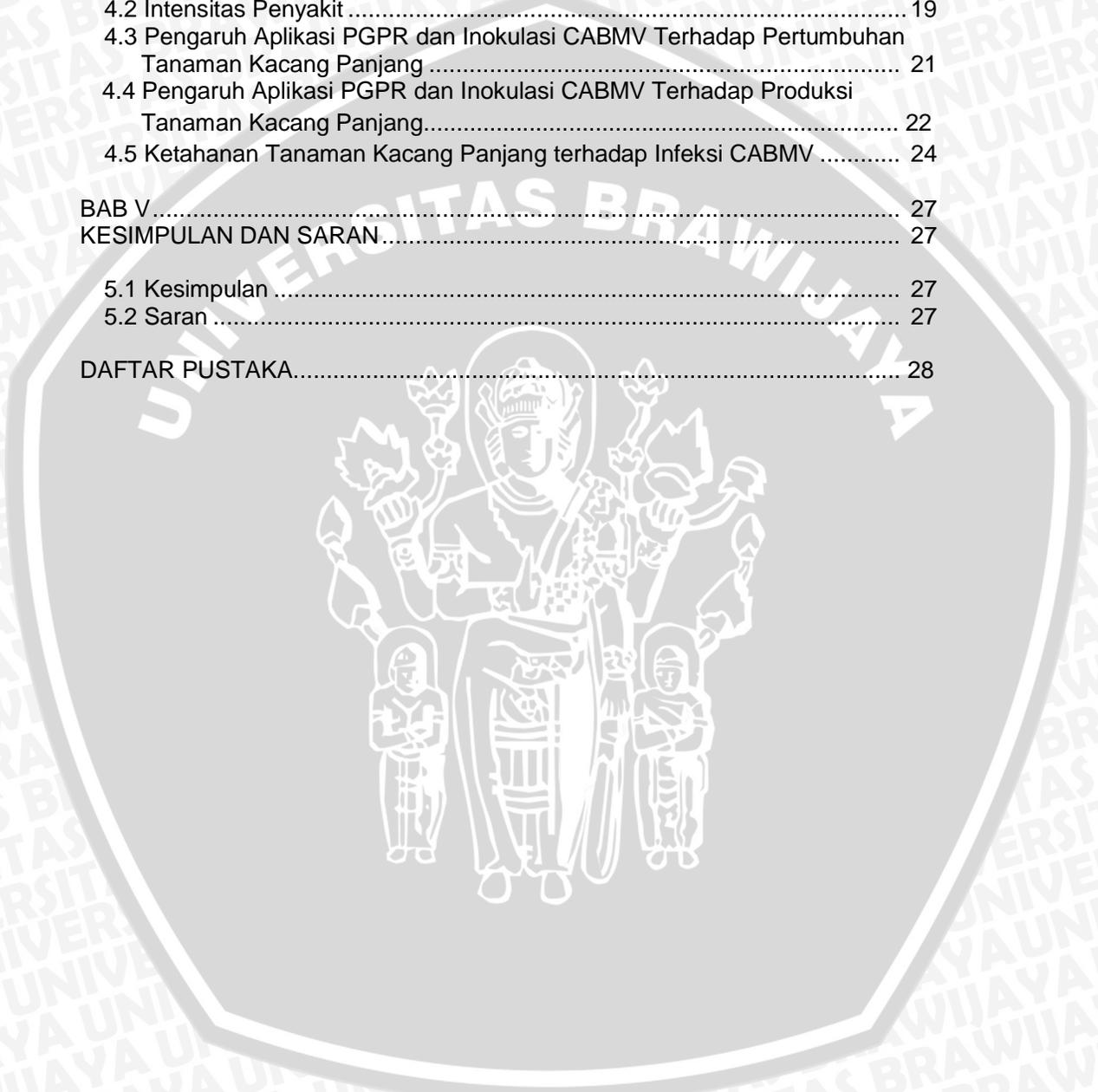
Penulis dilahirkan di Blitar pada tanggal 02 April 1991 sebagai putri kedua dari dua bersaudara dari Bapak Sugeng Supriyanto dan Ibu Tatik Ernawati. Penulis menempuh pendidikan dasar di SDN Talun 03 pada tahun 1997 sampai tahun 2003, kemudian penulis melanjutkan ke SMPN 1 Wlingi pada tahun 2003 sampai tahun 2006. Penulis studi di SMAN 1 Talun pada tahun 2006 sampai tahun 2009. Pada tahun 2009 penulis terdaftar sebagai mahasiswa Strata 1 Program Studi Agroekoteknologi Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya melalui jalur SPMK dan pada tahun 2011 terdaftar sebagai mahasiswa Minat Perlindungan Tanaman.



DAFTAR ISI

RINGKASAN.....	i
SUMMARY.....	ii
KATA PENGANTAR.....	iii
RIWAYAT HIDUP.....	iv
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR TABEL.....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	viii
BAB I	1
PENDAHULUAN.....	1
1. Latar Belakang	1
1.1. Rumusan Masalah	2
1.2. Hipotesis	2
1.3. Tujuan.....	2
1.4. Manfaat.....	2
BAB II	3
TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1 Bakteri Pemacu Pertumbuhan Tanaman (PGPR).....	3
2.2 Tanaman Kacang Panjang	5
2.3 Morfologi <i>Cowpea Aphid Borne Mosaic Virus</i> (CABMV)	6
2.4 Mekanisme Infeksi Virus pada Tanaman	7
2.5 Penyebaran dan Sebaran Inang CABMV.....	7
2.6 Gejala Serangan CABMV	8
2.7 Penularan CABMV	9
2.8 Ketahanan Tanaman Terhadap Patogen.....	9
BAB III	11
METODOLOGI	11
3.1 Tempat dan Waktu	11
3.2 Alat dan Bahan.....	11
3.3 Metode Penelitian.....	11
3.4 Persiapan Penelitian.....	12
3.5 Pelaksanaan penelitian.....	12
3.6 Variabel Pengamatan	15
3.7 Analisis Data.....	17
3.8 Ketahanan Tanaman	17

BAB IV	18
HASIL DAN PEMBAHASAN	18
4.1 Masa Inkubasi dan Gejala pada Tanaman Kacang Panjang	18
4.2 Intensitas Penyakit	19
4.3 Pengaruh Aplikasi PGPR dan Inokulasi CABMV Terhadap Pertumbuhan Tanaman Kacang Panjang	21
4.4 Pengaruh Aplikasi PGPR dan Inokulasi CABMV Terhadap Produksi Tanaman Kacang Panjang.....	22
4.5 Ketahanan Tanaman Kacang Panjang terhadap Infeksi CABMV	24
BAB V	27
KESIMPULAN DAN SARAN.....	27
5.1 Kesimpulan	27
5.2 Saran	27
DAFTAR PUSTAKA.....	28



DAFTAR TABEL

Nomor	Teks	Hal
1.	Skala Kategori Serangan CABMV pada Tanaman Kacang Panjang.	16
2.	Pengaruh Dosis PGPR Terhadap Rerata Masa Inkubasi CABMV pada Tanaman Kacang Panjang.....	18
3.	Pengaruh Dosis PGPR Terhadap Rerata Intensitas Penyakit CABMV pada Tanaman Kacang Panjang.....	19
4.	Pengaruh Dosis PGPR Terhadap Rerata Tinggi Tanaman Kacang Panjang.....	21
5.	Pengaruh Dosis PGPR Terhadap Rerata Jumlah Daun Tanaman Kacang Panjang.....	21
6.	Pengaruh Dosis PGPR Terhadap Rerata Jumlah Polong Tanaman Kacang Panjang.....	22
7.	Pengaruh Dosis PGPR Terhadap Rerata Bobot Biji Total Tanaman Kacang Panjang.....	23
8.	Pengaruh Dosis PGPR Terhadap Rerata Bobot Kualitas Produksi pada Tanaman Kacang Panjang.....	24
9.	Nilai Indeks Ketahanan Tanaman Kacang Panjang Terhadap Infeksi CABMV	24

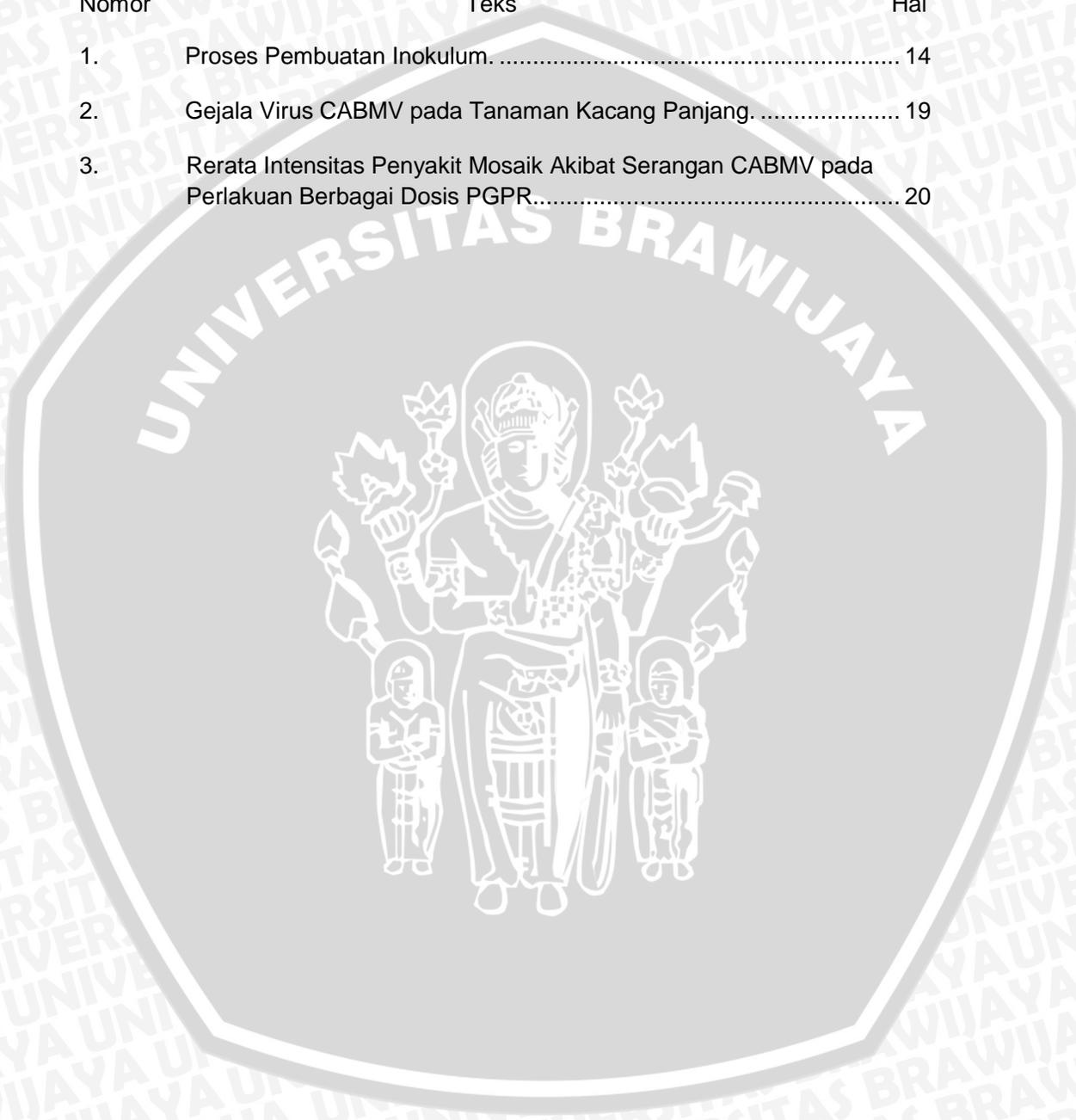
LAMPIRAN

Nomor	Teks	Hal
1.	Tabel Anova Rerata Masa Inkubasi pada Tanaman Kacang Panjang..	31
2.	Tabel Anova Intensitas Penyakit pada Tanaman Kacang Panjang.....	31
3.	Tabel Anova Tinggi Tanaman Kacang Panjang.....	31
4.	Tabel Anova Jumlah Daun Tanaman Kacang Panjang.....	31
5.	Tabel Anova Jumlah Polong Tanaman Kacang Panjang.....	31
6.	Tabel Anova Bobot Biji Total Kacang Panjang.....	32
7.	Tabel Anova Bobot 10 Biji Kacang Panjang.....	32
8.	Penghitungan Kategori Ketahanan Tanaman.....	32



DAFTAR GAMBAR

Nomor	Teks	Hal
1.	Proses Pembuatan Inokulum.....	14
2.	Gejala Virus CABMV pada Tanaman Kacang Panjang.....	19
3.	Rerata Intensitas Penyakit Mosaik Akibat Serangan CABMV pada Perlakuan Berbagai Dosis PGPR.....	20



BAB I PENDAHULUAN

1. Latar Belakang

Kacang panjang (*Vigna sinensis*) merupakan salah satu jenis sayuran berprotein tinggi yang dapat dengan mudah ditemukan di Indonesia. Minat masyarakat terhadap kacang panjang relatif cukup besar. Selain harga yang terjangkau, kacang panjang juga sarat akan gizi yang dibutuhkan masyarakat.

Tanaman ini dapat tumbuh di dataran rendah maupun dataran tinggi. Akan tetapi Haryanto (1995), mengemukakan bahwa kacang panjang biasanya digolongkan dalam sayuran dataran rendah sebab tanaman ini tumbuh lebih baik dan banyak diusahakan di dataran rendah pada ketinggian kurang dari 600 m Dari Permukaan Laut (dpl).

Kacang panjang tumbuh baik pada lahan yang bertanah lempung berpasir, gembur, subur, dan kaya akan unsur hara, serta memiliki drainase yang baik. Permintaan pasar terhadap kacang panjang dinilai cukup signifikan, maka produksi pun dapat dibidang stabil. Permintaan datang dari berbagai kalangan, mulai dari pasar tradisional, supermarket, hingga restoran sebagai bahan dasar masakan. Namun kendala untuk memproduksi kacang panjang juga tidak sedikit. Selain masalah cuaca yang tidak menentu, hama dan penyakit juga bisa menjadi penyebab tidak maksimalnya hasil produksi. Salah satu penyakit yang sering dijumpai adalah *Cowpea Aphid Borne Mosaic Virus* (CABMV).

Virus ini dilaporkan pertama kali oleh Lovisolo dan Conti pada tahun 1966 di Itali. Sifat dan tingkat keparahan gejala CABMV tergantung dari kultivar tuan rumah, strain virus, dan waktu infeksi (Rossel dan Thottappilly, 1985). Infeksi yang terlihat dapat berupa mosaik, bintik-bintik, klorosis interveinal, *vein-banding*, *vein-clearing*, keriting, serta kerdil. Serangan ini terjadi di seluruh dunia, namun CABMV adalah penyakit utama dan menyebar luas khususnya di negara-negara Afrika. Virus ini dapat ditularkan secara mekanis melalui cairan perasan daun tanaman sakit dan juga oleh aphid vektor (Atiri, 1982). Beberapa aphid yang bertindak sebagai vektor adalah *Aphis craccivora*, *A. gossypii*, *A. spiraecola*, *A. fabae*, *A. sesbaniae*, *Macrosiphum euphorbiae*, *Myzus persicae*, *Rhopalosiphum maidis* and *Acyrtosiphon pisum* (Bock, 1973; Bock and Conti, 1974; Mazyad *et al.*, 1981; Atiri *et al.*, 1984, 1986; Dijkstra *et al.*, 1987; Mali *et al.*, 1988; Thottappilly, 1992; Thottappilly and Rossel, 1992; Roberts *et al.*, 1993; Bashir and Hampton, 1994).

Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR) disebut juga *Rhizobacteria* Pemacu Pertumbuhan Tanaman (RPPT) ialah kelompok mikroorganisme tanah yang menguntungkan. Menurut Compant *et al.*, (2005), PGPR merupakan golongan bakteri yang hidup dan berkembang dengan baik pada tanah yang kaya akan bahan organik. 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. 3) sebagai bioprotektan, PGPR melindungi tanaman dari patogen (Rai, 2006).

1.1. Rumusan Masalah

Apakah PGPR mempengaruhi intensitas serangan CABMV, pertumbuhan, produksi, serta ketahanan pada tanaman kacang panjang?

1.2. Hipotesis

Aplikasi PGPR dengan dosis yang berbeda dapat berpengaruh terhadap intensitas serangan CABMV, pertumbuhan, produksi, serta ketahanan pada tanaman kacang panjang.

1.3. Tujuan

Mengetahui pengaruh aplikasi PGPR dengan dosis yang berbeda terhadap intensitas serangan CABMV, pertumbuhan, produksi, serta ketahanan pada tanaman kacang panjang.

1.4. Manfaat

Mengetahui peran PGPR dengan dosis berbeda terhadap pertumbuhan, produksi, serta ketahanan tanaman kacang panjang pada CABMV.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Bakteri Pemacu Pertumbuhan Tanaman (PGPR)

Rhizobacteria merupakan bakteri tanah yang berkoloni di daerah perakaran tanaman. Perannya adalah mendukung pengembangan dan aktivitas kelompok besar mikroba yang beragam, termasuk mikroorganisme yang mampu meningkatkan pertumbuhan tanaman. Bakteri ini mengkolonisasi akar monokotil dan dikotil, dan meningkatkan pertumbuhan tanaman baik secara langsung maupun tidak langsung. Modifikasi sistem desain struktur akar oleh PGPR melibatkan produksi fitohormon dan tanda lain yang sebagian besar mengarah untuk meningkatkan akar percabangan dan pengembangan rambut akar lateral. Selain itu PGPR juga memodifikasi fungsi akar, meningkatkan nutrisi tanaman, dan mempengaruhi fisiologi seluruh tanaman. *Rhizobacteria* dapat digolongkan ke dalam 3 kelompok, yaitu *Rhizobacteria* yang menguntungkan (PGPR), *Rhizobacteria* yang merugikan (*Deleterius Rhizobacteria*), dan *Rhizobacteria* yang bersifat netral (Kloepper *et al.*, 2004). Sampai saat ini, beberapa bakteri dilaporkan memiliki pengaruh yang 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).

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 PGPR dalam Menyediakan Unsur Hara bagi Tanaman

Dampak PGPR pada nutrisi tanaman mungkin adalah akibat dari efek pada serapan hara tanaman dan / atau tingkat pertumbuhan tanaman (Mantelin dan Touraine, 2004). Serapan hara diduga meningkat seiring bertambahnya luas permukaan akar yang dipicu oleh PGPR. Akan tetapi pembawa ion akar berada di bawah kendali proses regulasi yang mengatur aktivitas mereka sesuai dengan kebutuhan gizi tanaman (Imsade and Touraine, 1994; Lappartient and Touraine,

1996; Lappartient, *et al.*, 1999; Nazoa *et al.*, 2003), sehingga peraturan kegiatan pembangunan akar dan pembawa ion dikoordinasi secara antagonis untuk menjaga kestabilan tingkat penyerapan tingkat nutrisi (Touraine, 2004). Oleh karena itu PGPR harus mengganggu jalur koordinasi pengembangan tanaman dan nutrisi tanaman agar memperoleh peningkatan penyerapan nutrisi serta pertumbuhan 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 and Lee, 2005), propionat, glikolat, flumarat, oksalat, suksinat, tartrat (Banik and Dey, 1982), sitrat, laktat, dan ketoglutarat (Illmer and 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 Al^{3+} dan Fe^{3+} . Khelat tersebut dapat menurunkan reaktivitas ion-ion tersebut sehingga menyebabkan pelarutan fosfat yang efektif (Han and Lee, 2005; Saraswati and 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).

2.1.2 Peranan PGPR sebagai Biokontrol

Selain sebagai penyedia unsur hara, bakteri PGPR berperan sebagai biokontrol terhadap penyakit tanaman. Bakteri PGPR melindungi tanaman melalui mekanisme antibiosis, parasitisme, atau melalui peningkatan respon ketahanan tanaman (Whipps, 2001). *Pseudomonas sp.* 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 PGPR sebagai Penghasil Hormon Pertumbuhan

Peranan PGPR selanjutnya sebagai penghasil hormon yang dapat memacu pertumbuhan tanaman (Matiru and Dakora, 2004). Sebagai contoh, biokontrol agen *Bacillus pumilus* INR-7 mampu meningkatkan deposisi lignin pada jaringan epidermal millet mutiara, dan respon pertahanan tanaman ini muncul jauh lebih cepat pada tanaman PGPR-prima terinfeksi oleh patogen *Sclerospora graminicola* dibandingkan dengan tanaman non-prima (Niranjan Raj *et al.*, 2012). Modifikasi komposisi kimia dari dinding sel akar juga dipicu oleh PGPR yang secara langsung meningkatkan pertumbuhan tanaman. Melalui analisis karakteristik spektral inframerah dari persiapan dinding sel mentah dari akar jagung. El Zemrany *et al.*, (2007), menyimpulkan bahwa akar diinokulasi dengan *Azospirillum lipoferum* CRT1 memiliki kandungan lignin yang lebih rendah daripada yang tanpa inokulasi. Namun demikian, kandungan lignin yang lebih rendah dapat memfasilitasi perpanjangan sel, dan pemanjangan akar secara keseluruhan. Demikian pula, *Azospirillum irakense* menghasilkan *lyases Pektat* yang mampu menurunkan kadar *Pektat* dari dinding sel akar dan mungkin memungkinkan perkembangannya antara sel-sel akar korteks dan fungsinya sebagai endofit (Bekri *et al.*, 1999). Sampai saat ini, dampak pada kadar lignin tanaman PGPR yang baik mendorong ISR dan mempromosikan pertumbuhan akar belum dijelaskan. Modifikasi akar dinding sel ultrastruktur diperkirakan akibat dari perubahan PGPR yang dipicu dalam ekspresi gen tanaman.

2.2 Tanaman Kacang Panjang

Tanaman kacang panjang dalam bahasa Latin disebut *Vigna Sinensis* ssp. *Sesquipedalis* (L.) van Eseltine, dengan nama sinonim *Vigna sinensis* var. *Sesquipedalis* L. AschersandSchweinf, *Vigna sinensis* L. Savi ex Hassk, *Vigna sesquipedalis* L Fruwirth, *Vigna unguiculata* ssp. *Sesquipedalis* L., dan disebut juga sebagai *Dolichos sesquipedalis* L. (Pitojo, 2006). Kacang panjang termasuk ke dalam Divisi Spermatophyta, Kelas Angiospermae, Sub kelas Dicotyledonae, Ordo Rosales, Famili Leguminosae, Genus *Vigna*, Spesies *Vigna sinensis* L (Tjitrosoepomo, 2005).

Kacang panjang merupakan salah satu jenis sayuran berprotein tinggi yang dapat dengan mudah ditemukan di Indonesia. Minat masyarakat terhadap kacang panjang relatif cukup besar. Selain harga yang terjangkau, kacang panjang juga sarat akan gizi yang dibutuhkan masyarakat. Tanaman ini dapat

tumbuh di dataran rendah maupun dataran tinggi. Akan tetapi Haryanto (1995), mengemukakan bahwa kacang panjang biasanya digolongkan dalam sayuran dataran rendah sebab tanaman ini tumbuh lebih baik dan banyak diusahakan di dataran rendah pada ketinggian kurang dari 600 m Dari Permukaan Laut (dpl).

Kacang panjang tumbuh baik pada lahan yang bertanah lempung berpasir, gembur, subur, dan kaya akan unsur hara, serta memiliki drainase yang baik. Permintaan pasar terhadap kacang panjang dinilai cukup signifikan, maka produksi pun dapat dibidang stabil. Permintaan datang dari berbagai kalangan, mulai dari pasar tradisional, supermarket, hingga restoran sebagai bahan dasar masakan. Masyarakat di dunia mengenal nama umum kacang panjang sebagai *Yardlong Beans* atau *Cow Peas*. Tanaman kacang panjang berbentuk semak atau perdu yang bersifat membelit atau merambat dengan tinggi tanaman dapat mencapai 2 meter atau lebih.

2.3 Morfologi Cowpea Aphid Borne Mosaic Virus (CABMV)

Virus mosaik pada kacang panjang atau sering dikenal dengan CABMV ini menyebabkan timbulnya mosaik pada daun, daun tanaman asimetris karena perkembangan yang tidak merata, permukaan daun mengalami penglepuhan. Virus ini dilaporkan pertama kali oleh Lovisolo dan Conti pada tahun 1966 di Itali. Sifat dan tingkat keparahan gejala CABMV tergantung dari kultivar tuan rumah, strain virus, dan waktu infeksi (Rossel dan Thottappilly, 1985). Infeksi yang terlihat dapat berupa mosaik, bintik-bintik, klorosis interveinal, "vein-banding", "vein-clearing", keriting, serta kerdil. Serangan ini terjadi di seluruh dunia, namun CABMV adalah penyakit utama dan menyebar luas khususnya di negara-negara Afrika. Virus ini dapat ditularkan secara mekanis melalui cairan perasan daun tanaman sakit dan juga oleh aphid vektor (Atiri, 1982). Beberapa aphid yang bertindak sebagai vektor adalah *Aphis criccivora*, *A gossypii*, *A spiraecola*, *A fabae*, *A sesbaniae*, *Macrosiphum euphorbiae*, *Myzus persicae*, *Rhopalosiphum maidis* and *Acyrtosiphon pisum* (Bock, 1973; Bock and Conti, 1974; Mazyad *et al.*, 1981; Atiri *et al.*, 1984, 1986; Dijkstra *et al.*, 1987; Mali *et al.*, 1988; Thottappilly, 1992; Thottappilly and Rossel, 1992; Roberts *et al.*, 1993; Bashir and Hampton, 1994).

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 enzimatik 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 sintesa 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 CABMV

CABMV terjadi di manapun kacang-kacangan tumbuh. CABMV juga dilaporkan menginfeksi secara alami *C. Rosea* di Brazil (Kitajima *et al.*, 2008). Virus ini terjadi di seluruh dunia, namun CABMV adalah penyakit utama dan menyebar luas khususnya di negara-negara Afrika. Virus ini menyebar luas melalui Sub-Sahara Afrika (Bock, 1973; Ladipo, 1976; Thottappilly dan Rossel, 1985; Burke *et al.*, 1986), utara ke cekungan Mediterania (Lovisolano dan Conti, 1966; Fisher dan Lockhart, 1976; Taiwo *et al.*, 1982) ke arah timur Turki, Iran, Irak, dan anak benua India termasuk Afghanistan, Bangladesh, dan Pakistan (Kaiser dan Mossahebi, 1975; Mali dan Kulthe, 1980b; Bashir dan Hampton, 1993), Indonesia, China, dan Taiwan (Iwaki, 1979; Tsuchizaki *et al.*, 1984;

Thottapilly dan Rossel, 1985; Chang *et al.*, 1991) dan dari situ menuju ke Australia (Behncken dan Maleevsky, 1977), Brazil (Lin dan Rios, 1985) dan Amerika Serikat (Kline dan Anderson, 1997). CABMV sejauh ini dilaporkan telah menyerang tanaman jenis kacang-kacangan. CABMV juga dilaporkan menginfeksi secara alami *C. Rosea (beach bean)* di Brazil (Kitajima *et al.*, 2008).

Serangan virus ini juga terjadi di Eropa (Lovisololo dan Conti, 1966; Behncken dan Maleevsky, 1977; Lima *et al.*, 1981; Lin *et al.*, 1981; Dijkstra *et al.*, 1987). Sebuah catatan dari CABMV di Belanda (Bos, 1970; CABI/EPPO, 2010) diterbitkan dalam versi sebelumnya dari Kompendium mengacu pada suatu isolat yang diperoleh dari Italia dan karena itu tidak valid. CABMV endemik di banyak negara Afrika seperti Botswana, Mesir, Maroko, Mozambik, Nigeria, Senegal, Tanzania, Togo, Uganda dan Zambia (Bock dan Conti, 1974; Mali dan Thottapilly, 1986; Thottapilly dan Rossel, 1992; Ndiaye *et al.*, 1993; Thottapilly *et al.*, 1995; Sithole-Niang *et al.*, 1996).

Di Amerika Selatan, virus tersebut telah dilaporkan di Brasil pada kacang, markisa (Pio-Ribeiro *et al.*, 2000.) (Nascimento *et al.*, 2004; 2006) dan *Canavalia rosea* (Kitajima *et al.*, 2008). Banyak laporan dari *markisa virus woodiness* dari tahun 1970-an dan 1980-an mungkin merujuk CABMV, karena dua virus ini juga salah diidentifikasi sampai urutan genom lengkap menjadi tersedia.

Sebuah catatan CABMV di Jepang (Hino, 1960; Tsuchizaki *et al.*, 1970, 1971; CABI/EPPO, 2010) termasuk dalam versi sebelumnya dari Kompendium pada pemahaman bahwa CABMV adalah sinonim dari blackeye virus kacang tunggak mosaik (BICMV). Virus ini sekarang diakui sebagai spesies terpisah dan Tsuchizaki *et al.*, (1984) menyimpulkan bahwa virus yang dilaporkan oleh Tsuchizaki *et al.*, (1970) adalah BICMV dan bukan CABMV. CABMV belum dilaporkan di Jepang (Kementerian Pertanian, Kehutanan dan Perikanan (MAFF), Jepang komunikasi pribadi, 2013).

2.6 Gejala Serangan CABMV

Gejala yang ditimbulkan berupa mosaik, dengan warna hijau dan kuning berselang-seling yang sangat jelas. Terdapat warna hijau gelap di antara tulang daun (*dark green vein-bending*) atau klorosis urat daun (interveinal), distorsi daun, melepuh, dan tanaman menjadi kerdil. Polong dan daun menjadi tidak berkembang, ukuran biji berkurang sehingga produksi secara keseluruhan

menurun (Bock and Conti, 1974; Sulyo, 1984, Burn, 1994a; Moedjiono *et al.*, 1999).

Gejala CABMV diamati pada kacang dalam kondisi lapangan yang sangat bervariasi. Faktor-faktor seperti variabilitas genetik kultivar kacang tumbuh dan tahap pertumbuhan pada saat infeksi, mempengaruhi jenis dan tingkat keparahan gejala yang dihasilkan. Terlepas dari gejala *vein-bending* karakteristik yang membedakan CABMV dari gejala virus lainnya, mosaik ringan dan belang mosaik kadang-kadang diamati pada tanaman terinfeksi oleh CABMV di bawah kondisi lapangan, tergantung pada kultivar kacang tumbuh (Shoyinka *et al.*, 1997).

2.7 Penularan CABMV

Penularan penyakit ke tanaman virus dapat melalui tiga cara, secara mekanis dengan gosokan, vektor kutu daun *Aphis craccivora*, dan biji tanaman sakit. Hubungan antara virus dan vektor bersifat non-persisten, hanya dapat bertahan dalam tubuh vektor selama 45 menit.

Aphid atau kutu daun (*Aphis craccivora* Koch) adalah hama utama pada kacang panjang. Aphid hinggap di permukaan bawah daun dan pucuk-pucuk sulur untuk menghisap cairan tanaman. Daun menjadi keriting dan berkerut, pertumbuhan sulur terhenti dan mati. Aphid juga sering menyerang bunga dan polong. Aphid juga bertindak sebagai vektor CABMV.

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 lingkungan di sekeliling tanaman (Semangun, 2001).



BAB III METODOLOGI

3.1 Tempat dan Waktu

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Penyakit Tumbuhan dan Rumah Kawat Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan, Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya. Penelitian dimulai pada bulan Maret – Juli 2016.

3.2 Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan dalam pelaksanaan penelitian ini adalah *polybag* 5 kg yang digunakan sebagai tempat media tanam kacang panjang, meteran digunakan sebagai alat untuk mengukur tinggi tanaman, label digunakan untuk memberi tanda masing-masing perlakuan, cetok digunakan untuk memasukkan tanah ke dalam *polybag*, gelas ukur digunakan untuk menakar dosis PGPR, timbangan untuk mengukur berat bahan, mortar untuk membuat SAP, kapas dan kasa untuk penyaringan sap, bambu sepanjang ± 2 m untuk membantu berdirinya tanaman, oven untuk mengeringkan hasil panen, dan kamera digunakan untuk mendokumentasikan setiap perkembangan dan gejala-gejala kerusakan yang ditimbulkan oleh CABMV.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah inokulum awal virus CABMV yang didapatkan dari tanaman sakit, tanaman kacang panjang (*Vigna vinensis*) yang terinfeksi virus CABMV, bakteri PGPR yang meliputi kombinasi *Azotobacter* sp., *Azospirillum* sp., *Aspergillus* sp., *Pseudomonas* sp., dan *Bacillus* sp. merk dagang Vigor-Pro produksi PK-PHT jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan (HPT), Fakultas Pertanian (FP), Universitas Brawijaya (UB), dengan komposisi masing-masing adalah 10^8 cfu/ml. Tanah steril dan pupuk kandang digunakan sebagai media tanam serta nutrisi tanaman. Alkohol untuk mensterilkan peralatan yang digunakan, Aquades untuk mencuci daun, Buffer Fosfat MpH 7 untuk menstabilkan atau menetralkan virus, serta karborundum untuk melukai tanaman saat akan diinokulasi.

3.3 Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) dengan enam (6) perlakuan, yaitu tanpa PGPR dan tanpa inokulasi CABMV (P1), tanpa PGPR dengan inokulasi CABMV (P2), PGPR 1 ml/L dengan inokulasi CABMV (P3), PGPR 5ml/L dengan inokulasi CABMV (P4), PGPR 25 ml/L dengan inokulasi

CABMV (P5), serta PGPR 50ml/L dengan inokulasi CABMV (P6). Masing-masing perlakuan diulang lima (5) kali.

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

3.4 Persiapan Penelitian

3.4.1 Perbanyak Inokulum

Inokulum awal virus CABMV yang digunakan dalam percobaan ini didapatkan dari lapang. Daun kacang panjang (*Vigna vinensis*) yang terinfeksi virus CABMV ditularkan secara mekanis pada tanaman kacang panjang. Tanaman yang sakit dipelihara sebagai sumber inokulum.

3.4.2 Persiapan Media Tanam

Media tanam yang digunakan adalah tanah katel yang diambil dari daerah Batu. Pada mulanya tanah disterilisasi dengan Formalin 5% dengan dosis 70 g untuk tiap media tanam 1m³. Media tanam yang digunakan diberi pupuk kompos dan pupuk kandang dengan perbandingan 1:1. Tanah media tersebut diaduk secara merata kemudian ditutup rapat dengan plastik selama 7 hari. Setelah itu, tutup dibuka dan didiamkan terlebih dahulu selama 4 hari sebelum digunakan. Media tanam yang sudah siap digunakan kemudian dipindah ke *polybag* yang berukuran 5 kg.

3.5 Pelaksanaan penelitian

3.5.1 Perendaman Benih dalam Suspensi PGPR

Perendaman benih dimulai dengan mencuci benih 3-4 kali hingga bersih. Benih yang bersih direndam dalam larutan PGPR selama 6 jam dengan dosis masing-masing perlakuan yaitu 1 ml/l untuk P3, 5 ml/l untuk P4, 25 ml/l untuk P5, dan 50 ml/L untuk P6. Kemudian benih dikering anginkan di tempat teduh sebelum dilakukan penanaman.

3.5.2 Penanaman Benih

Benih yang telah direndam kemudian ditanam ke dalam *polybag* ukuran 5 kg yang telah diisi tanah sebagai media tanam, lalu dilakukan perawatan yang meliputi penyiraman.

3.5.3 Inokulasi Virus

Inokulasi dilakukan secara mekanis pada saat tanaman Berikut adalah langkah-langkah inokulasi dari pembuatan SAP hingga penularan CABMV:

Daun kacang panjang yang terserang CABMV dicuci untuk menghilangkan kotoran yang menempel.



Daun yang telah dicuci kemudian dipotong dan dipisahkan dari tulang daunnya.



Potongan daun sebanyak 5 g kemudian dilumatkan menggunakan mortar.



Ditambahkan buffer fosfat 0,01 MpH 7 sebanyak 10 ml yang berfungsi untuk menstabilkan virus atau menetralkan virus dalam cairan perasan. Lalu dihaluskan lagi.



Daun yang sudah hancur disaring dengan menggunakan kasa steril untuk memisahkan ampas dari daun yang telah ditumbuk sehingga diperoleh cairan perasan (SAP).



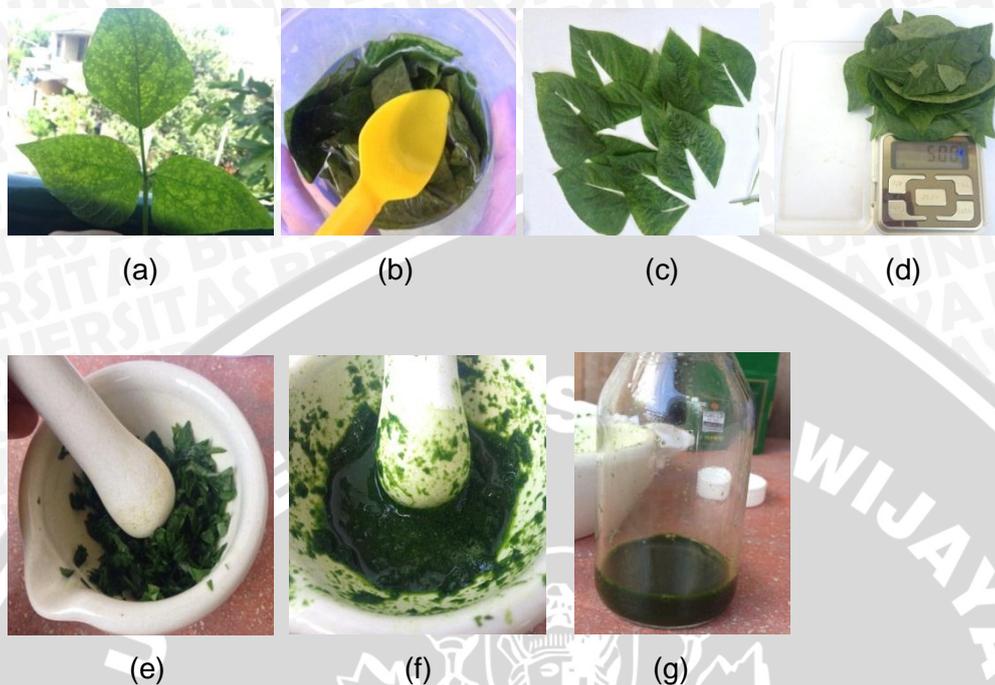
Taburkan karborundum 600 mesh ke permukaan salah satu daun.



Cairan perasan (SAP) diusapkan pada daun muda bibit kacang panjang yang sehat, dengan menggunakan jari secara perlahan agar jaringan epidermis pada permukaan daun tidak rusak.



Kemudian daun yang telah diinokulasi dibilas dengan aquades mengalir untuk menghilangkan sisa-sisa karborundum.



Gambar 1. Proses Pembuatan Inokulum CABMV

- a. daun tanaman kacang panjang sakit; b. pencucian daun; c. daun kacang panjang yang telah dipotong; d. penimbangan daun, e. daun ditumbuk dengan mortar; f. pelumatan daun dengan Buffer phospat; g. sap

3.5.4 Pemeliharaan Tanaman

Pemeliharaan yang dilakukan meliputi penyiraman, pemupukan, pengendalian gulma serta pengendalian Organisme Pengganggu Tanaman (OPT). Tanaman kacang panjang tidak terlalu membutuhkan pasokan air dalam jumlah besar, maka dari itu menyirami tanaman hanya dilakukan sehari sekali setiap sore hari.

Cara menanam kacang panjang yang baik juga erat kaitannya dengan tahap pemberian pupuk susulan untuk menjaga ketersediaan nutrisi dalam tanah yang dibutuhkan tanaman kacang panjang, agar dapat menopang pertumbuhannya. Pemberian pupuk susulan berupa Urea dapat dilakukan pada umur 4 minggu sejak benih ditanam, dengan dosis 150 kg/ha. Lubang dibuat di sekitar tanaman kacang panjang dan kemudian pupuk dimasukkan pada setiap lubang. Pengendalian gulma dilakukan dengan mencabut gulma secara manual.

3.6 Variabel Pengamatan

3.6.1 Masa inkubasi dan gejala

Masa inkubasi merupakan waktu yang diperlukan tanaman mulai diinfeksi virus (inokulasi) sampai munculnya gejala virus CABMV pada kacang panjang (*Vigna vinensis*). Gejala Penyakit yaitu bercak pada daun, daun keriting, dan daun melengkung. Gejala pertama dapat dilihat dari daun pertama yang tumbuh setelah proses inokulasi.

3.6.2 Intensitas Serangan Virus CABMV

Perhitungan intensitas serangan menurut Horsfall dan Barrat 1976 (dalam Hadiastono 1998) dengan rumus :

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

Keterangan :

I adalah intensitas serangan tiap tanaman

N adalah jumlah daun dari tiap kategori serangan

V adalah nilai skala dari tiap kategori serangan

N adalah jumlah daun yang diamati tiap tanaman

Z adalah nilai skala kategori tertinggi

Tabel 1. Skala Kategori Serangan CABMV pada Tanaman Kacang Panjang

Skala	Karakteristik Gejala Serangan
0	Tanaman tidak menunjukkan gejala virus (sehat)
1	Luas mosaik pada daun $\leq 25\%$
2	Luas mosaik pada daun $> 25\% - \leq 50\%$ Tanaman menunjukkan gejala
3	luas Mosaik pada daun $> 50\%$
4	Daun berkerut dan menebal
5	Daun berkerut, mengecil sampai berubah bentuk menyerupai gejala tali sepatu (shoes string)

3.6.3 Pertumbuhan Tanaman

a. Tinggi Tanaman

Pengamatan tinggi tanaman dilakukan dengan mengukur tinggi tanaman dari pangkal batang sampai titik tumbuh tanaman menggunakan mistar atau penggaris. Satuan yang digunakan dalam mengukur panjang tanaman adalah cm. Waktu pengukuran dimulai 1 hari setelah inokulasi (hsi) sampai muncul fase generatif yaitu munculnya bunga.

b. Jumlah Daun

Penghitungan jumlah daun dimulai setelah tanaman kacang panjang diinokulasi virus. Daun yang dihitung adalah daun yang telah membuka sempurna. Perhitungan jumlah daun dilakukan setiap seminggu sekali bersamaan dengan pengamatan parameter panjang tanaman. Perhitungan jumlah daun, baik daun yang masih menempel di batang pohon maupun yang telah gugur dilakukan untuk mengetahui jumlah daun tanaman dan pengaruh virus CABMV terhadap pertumbuhan dan perkembangan daun.

3.6.4 Produksi Tanaman

a. Jumlah Polong

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

b. Bobot Polong Kering Rata-Rata per Tanaman

Bobot polong kering dihitung dengan cara menjumlahkan total berat polong kering pada setiap perlakuan dan ulangan. Polong dipanen setelah tua dengan ciri biji-biji menonjol dan kulit luar berwarna hijau kekuningan. Polong dikeringkan dengan cara dioven dengan suhu 105°C dalam kurun waktu 2x24 jam, kemudian ditimbang bobot biji total dan bobot per 10 biji.

Perhitungan bobot polong kering digunakan untuk mengetahui perbedaan bobot polong kering antara tanaman yang diinokulasi CABMV dan tanaman yang tidak diinokulasi CABMV sebagai indikasi tingkat produktivitas.

3.7 Analisis Data

Data yang diperoleh dianalisis menggunakan uji F pada taraf 5%, kemudian data yang signifikan dilanjutkan dengan uji Beda Nyata Terkecil (BNT).

3.8 Ketahanan Tanaman

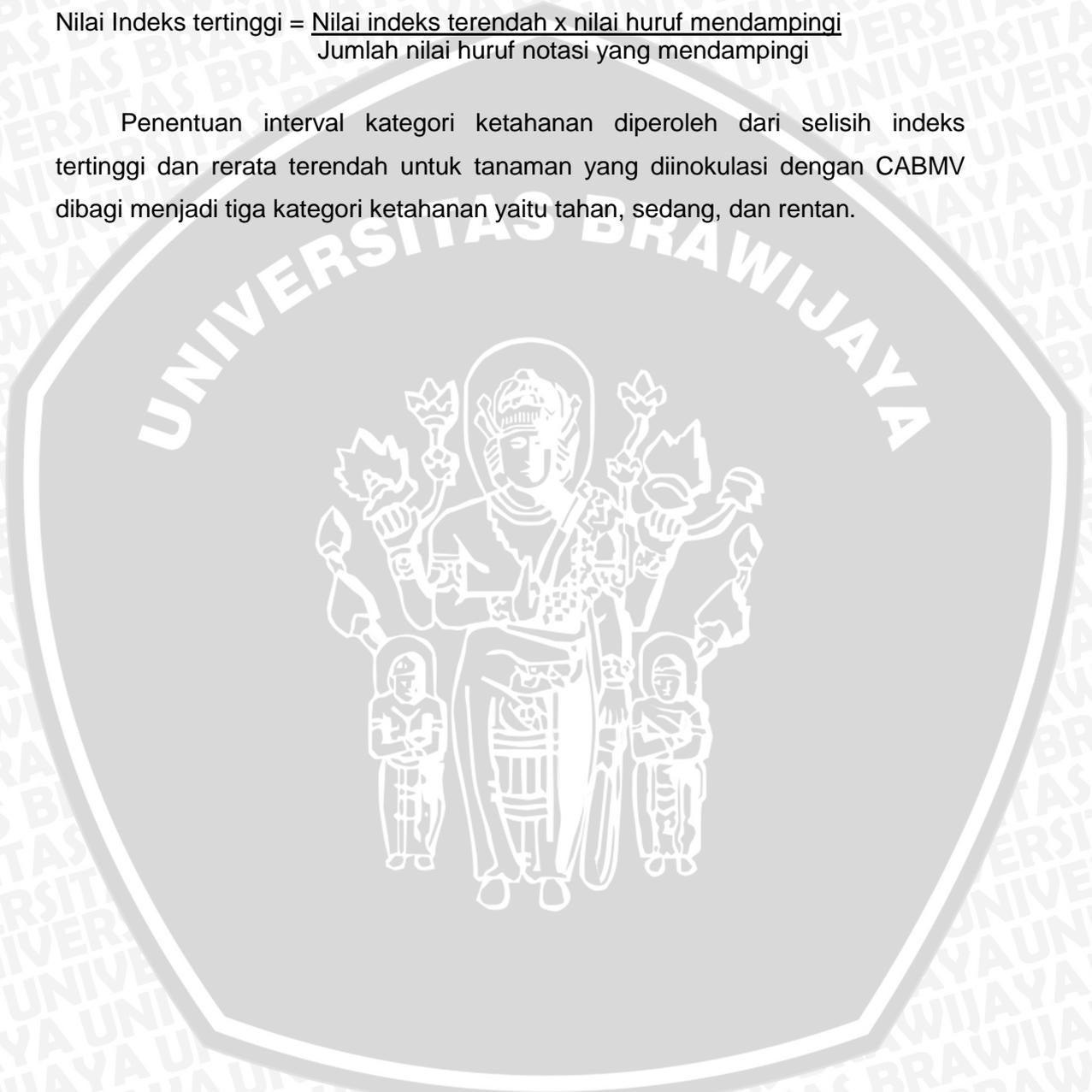
Penilaian tingkat ketahanan dari lima varietas kacang panjang uji yang terinfeksi CABMV didasarkan pada nilai indeks parameter mengikuti metode Castillo *et al.*, (1976).

Nilai Indeks tertinggi = $\frac{\text{Jumlah rerata tertinggi seluruh variabel yang diamati}}{\text{Jumlah nilai huruf notasi variabel tersebut}}$

Nilai Indeks terendah = $\frac{\text{Nilai indeks tertinggi}}{\text{Jumlah notasi tertinggi}}$

Nilai Indeks tertinggi = $\frac{\text{Nilai indeks terendah} \times \text{nilai huruf mendampingi}}{\text{Jumlah nilai huruf notasi yang mendampingi}}$

Penentuan interval kategori ketahanan diperoleh dari selisih indeks tertinggi dan rerata terendah untuk tanaman yang diinokulasi dengan CABMV dibagi menjadi tiga kategori ketahanan yaitu tahan, sedang, dan rentan.



BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Masa Inkubasi dan Gejala pada Tanaman Kacang Panjang

Masa inkubasi penyakit pada tanaman kacang panjang yang diuji diamati mulai dari 1 hari setelah inokulasi hingga munculnya gejala pertama kali. Berdasarkan hasil penelitian, pemberian PGPR tidak berpengaruh terhadap masa inkubasi CABMV pada tanaman kacang panjang (Tabel 2).

Tabel 1. Pengaruh Dosis PGPR Terhadap Rerata Masa Inkubasi CABMV pada Tanaman Kacang Panjang

Perlakuan	Rerata (hari)
Diinokulasi dengan tanpa PGPR	6,4
Diinokulasi dengan PGPR 1 ml/l air	7,4
Diinokulasi dengan PGPR 5 ml/l air	7,8
Diinokulasi dengan PGPR 25 ml/l air	9,2
Diinokulasi dengan PGPR 50 ml/l air	9,4
Grand Total	6,7

Rerata masa inkubasi CABMV pada tanaman kacang panjang tercepat terdapat pada perlakuan tanpa PGPR, yaitu 6,4 hari. Salah satu cara tanaman mempertahankan diri adalah dengan mengeluarkan senyawa tertentu yang diproduksi oleh sel tanaman. Sedangkan salah satu peran PGPR adalah sebagai bioprotektan, yaitu bersifat melindungi. Oleh karena itu kemampuan tanaman yang diberi PGPR diduga lebih mampu dalam mempertahankan diri.

Gejala pertama kali yang terlihat oleh tanaman adalah adanya bercak kuning (Gambar 1). Kemudian terdapat pula daun yang keriting (Gambar 3a). Seiring berjalannya waktu, gejala tersebut akan meningkat hingga terdapat beberapa daun yang melengkung (seperti terlihat pada Gambar 3b).



Gambar 2. Gejala Virus CABMV pada Tanaman Kacang Panjang
a. Gejala Daun Keriting, b. Gejala Daun Melengkung

4.2 Intensitas Penyakit

Berdasarkan hasil penelitian, pemberian PGPR pada tanaman kacang panjang dapat mengurangi intensitas serangan penyakit (Tabel 3). Dapat dilihat pada Tabel 3 bahwa nilai intensitas tertinggi, yaitu 32,15%, terdapat pada perlakuan tanpa PGPR. Sedangkan dosis PGPR yang optimal untuk mengurangi intensitas penyakit adalah 25 ml/l air.

Tabel 2. Pengaruh Dosis PGPR Terhadap Rerata Intensitas Penyakit CABMV pada Tanaman Kacang Panjang

Perlakuan	Intensitas Penyakit (%)
Tanpa inokulasi dan tanpa PGPR	0,00a
Diiinokulasi dengan tanpa PGPR	32,15d
Diiinokulasi dengan PGPR 1 ml/l air	26,48cd
Diiinokulasi dengan PGPR 5 ml/l air	25,62c
Diiinokulasi dengan PGPR 25 ml/l air	19,54b
Diiinokulasi dengan PGPR 50 ml/l air	23,59bc

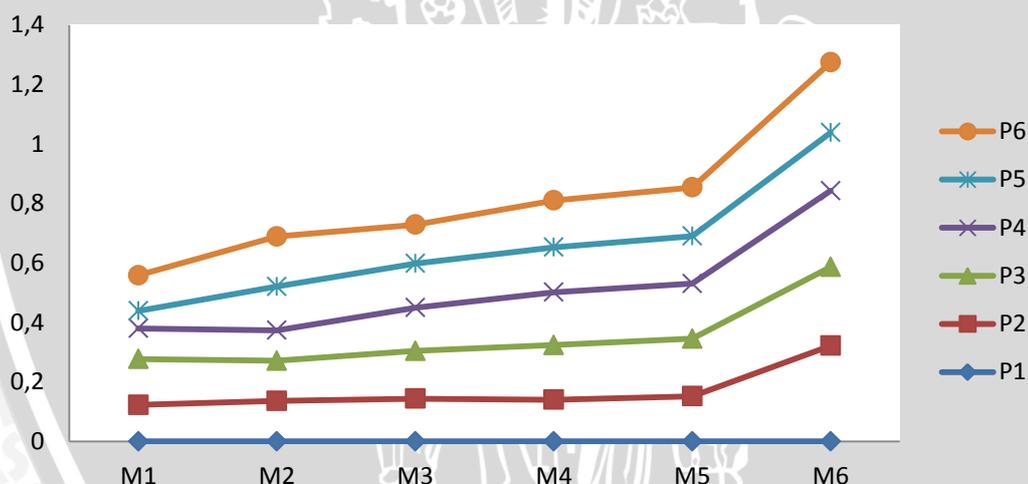
Keterangan: Angka-angka yang diikuti huruf yang sama di belakang data pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada uji BNT 5%.

Rendahnya intensitas serangan CABMV disebabkan karena adanya siderofor yang 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).

Virus CABMV yang menginfeksi tanaman kacang panjang 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 CABMV pada tanaman kacang panjang, maka pertumbuhan dan produksi tanaman kacang panjang juga semakin meningkat.

INTENSITAS PENYAKIT



Gambar 3. Rerata Intensitas Penyakit Mosaik Akibat Serangan CABMV pada Perlakuan Berbagai Dosis PGPR.

Keterangan: P1 adalah tanpa inokulasi tanpa PGPR.
 P2 adalah dengan inokulasi tanpa PGPR.
 P3 adalah dengan inokulasi dengan PGPR 1 ml/l.
 P4 adalah dengan inokulasi dengan PGPR 5 ml/l.
 P5 adalah dengan inokulasi dengan PGPR 25 ml/l.
 P6 adalah dengan inokulasi dengan PGPR 50 ml/l.

Kenaikan intensitas penyakit melonjak pada 5 msi sampai dengan 6 msi. Hal ini diduga ketahanan tanaman pada saat ini rendah dan penyebaran penyakit

ke seluruh bagian tanaman sangat cepat. Hal ini didukung oleh pendapat Hadiastono (2003) bahwa penyebaran beberapa jenis virus dapat berlangsung secara sistemik karena dapat menginfeksi semua sel atau jaringan hidup tanaman.

4.3 Pengaruh Aplikasi PGPR dan Inokulasi CABMV Terhadap Pertumbuhan Tanaman Kacang Panjang

4.3.1 Tinggi Tanaman

Berdasarkan hasil penelitian, aplikasi PGPR dengan dosis berbeda tidak berpengaruh pada pertumbuhan tanaman (Tabel 4). Menurut Hadiastono (2010), virus tidak mempengaruhi panjang tanaman, namun virus mempengaruhi laju fotosintesis. Hal tersebut disebabkan oleh jumlah klorofil pada daun yang berkurang (mosaik) sehingga cahaya yang diterima tanaman untuk proses metabolisme mengalami penurunan. Rerata tinggi tanaman paling tinggi didapat dari perlakuan tanpa inokulasi dan tanpa PGPR yaitu sebesar 233,55 cm. Sedangkan rerata tinggi tanaman terendah didapat dari perlakuan PGPR 5 ml/l yaitu 205 cm.

Tabel 3. Pengaruh Dosis PGPR Terhadap Rerata Tinggi Tanaman Kacang Panjang

Perlakuan	Rerata (cm)
Tanpa inokulasi dan tanpa PGPR	233,55
Diinokulasi dengan tanpa PGPR	217
Diinokulasi dengan PGPR 1 ml/l air	208,95
Diinokulasi dengan PGPR 5 ml/l air	205
Diinokulasi dengan PGPR 25 ml/l air	233,5
Diinokulasi dengan PGPR 50 ml/l air	228,1
Grand Total	221,01

4.3.2 Jumlah Daun

Berdasarkan hasil penelitian aplikasi PGPR dengan dosis yang berbeda tidak berpengaruh nyata terhadap jumlah daun pada tanaman kacang panjang (Tabel 5). Rerata jumlah daun terbanyak terdapat pada perlakuan PGPR 25 ml/l air, dengan jumlah daun 56,9 helai. Sedangkan rerata jumlah daun paling sedikit terdapat pada perlakuan PGPR 5 ml/l air, dengan jumlah daun 39,8 helai.

Tabel 4. Pengaruh Dosis PGPR Terhadap Rerata Jumlah Daun Tanaman Kacang Panjang

Perlakuan	Total
Tanpa inokulasi tanpa PGPR	49,4
Diiinokulasi dengan tanpa PGPR	43,4
Diiinokulasi dengan PGPR 1 ml/l air	40,7
Diiinokulasi dengan PGPR 5 ml/l air	39,8
Diiinokulasi dengan PGPR 25 ml/l air	56,9
Diiinokulasi dengan PGPR 50 ml/l air	54,5
Grand Total	47,45

Meskipun infeksi virus CABMV tidak berpengaruh signifikan terhadap berkurangnya jumlah daun, akan tetapi pada daun tanaman yang terinfeksi terjadi kerusakan. Menurut Cahyono (2003) dalam Taufik (2011), bahwa infeksi CMV pada tanaman memperlihatkan gejala daun berukuran kecil, menyempit dan keriting, daun menjadi belang-belang hijau muda dan kuning lama kelamaan menjadi coklat, dan akhirnya mati. Perbedaan tidak nyata pada jumlah daun diduga akibat pertahanan tanaman yang baik atau karena strain virus yang lemah.

4.4 Pengaruh Aplikasi PGPR dan Inokulasi CABMV Terhadap Produksi Tanaman Kacang Panjang

4.4.1 Jumlah Polong

Berdasarkan hasil penelitian, aplikasi PGPR tidak berpengaruh nyata terhadap rerata jumlah polong pada tanaman kacang panjang (Tabel 6). Rerata jumlah polong tertinggi terdapat pada perlakuan 50 ml/l air yaitu sebanyak 9,8 buah polong. Sedangkan rerata jumlah polong terendah terdapat pada perlakuan 5 ml/l air yaitu sebanyak 4,2 buah polong.

Tabel 5. Pengaruh Dosis PGPR Terhadap Rerata Jumlah Polong Tanaman Kacang Panjang

Perlakuan	Total
Tanpa inokulasi dan tanpa PGPR	9
Diiinokulasi dengan tanpa PGPR	7,8
Diiinokulasi dengan PGPR 1 ml/l air	6,6
Diiinokulasi dengan PGPR 5 ml/l air	4,2
Diiinokulasi dengan PGPR 25 ml/l air	9,4
Diiinokulasi dengan PGPR 50 ml/l air	9,8
Grand Total	7,8

Akan tetapi terlihat beberapa gejala pada polong yang terinfeksi seperti malformasi. Hal ini memicu pertanyaan tentang perkembangan bakteri pada tanah karena penulis tidak melakukan isolasi tanah untuk melihat perkembangan bakteri. Sehingga tidak dapat memastikan peran penting PGPR dapat berjalan maksimal.

4.4.2 Bobot Biji Total

Berdasarkan hasil penelitian, aplikasi PGPR tidak berpengaruh nyata terhadap rerata bobot biji total pada tanaman kacang panjang (Tabel 7). Bobot biji terberat terdapat pada perlakuan PGPR 50 ml/l, yaitu seberat 13,95 g. Sedangkan bobot biji terendah terdapat pada perlakuan PGPR 5 ml/l, yaitu seberat 6,64 g.

Tabel 6. Pengaruh Dosis PGPR Terhadap Rerata Bobot Biji Total Tanaman Kacang Panjang

Perlakuan	Rerata (g)
Tanpa inokulasi dan tanpa PGPR	12,27
Diinokulasi dengan tanpa PGPR	12,47
Diinokulasi dengan PGPR 1 ml/l air	9,99
Diinokulasi dengan PGPR 5 ml/l air	6,64
Diinokulasi dengan PGPR 25 ml/l air	13,26
Diinokulasi dengan PGPR 50 ml/l air	13,95
Grand Total	11,43

Aplikasi PGPR tidak mempengaruhi bobot biji secara keseluruhan, akan tetapi terdapat biji yang menyusut yang merupakan gejala serangan, serta terdapat pula biji yang sehat karena kemampuan tanaman mempertahankan diri.

4.4.3 Bobot 10 Biji

Berdasarkan hasil penelitian, aplikasi PGPR tidak berpengaruh nyata terhadap rerata bobot 10 biji (Tabel 8). Bobot 10 biji terberat terdapat pada perlakuan PGPR 1 ml/l yaitu sebesar 1,49 g, sedangkan bobot 10 biji teringan terdapat pada perlakuan dengan inokulasi tanpa PGPR yaitu sebesar 1.27 g.

Tabel 7. Pengaruh Dosis PGPR Terhadap Rerata Bobot Kualitas Produksi pada Tanaman Kacang Panjang

Perlakuan	Total (g)
Tanpa inokulasi dan tanpa PGPR	1,36
Diinokulasi dengan tanpa PGPR	1,27
Diinokulasi dengan PGPR 1 ml/l air	1,49
Diinokulasi dengan PGPR 5 ml/l air	1,36
Diinokulasi dengan PGPR 25 ml/l air	1,29
Diinokulasi dengan PGPR 50 ml/l air	1,45
Grand Total	1,37

Meskipun aplikasi PGPR tidak mempengaruhi rerata bobot 10 biji, akan tetapi terdapat biji yang menyusut dari beberapa polong, menandakan adanya penurunan kualitas produksi tanaman akibat infeksi CABMV. Dan masih terdapat biji yang sehat karena kemampuan tanaman mempertahankan diri yang diduga didukung oleh keberadaan PGPR.

4.5 Ketahanan Tanaman Kacang Panjang terhadap Infeksi CABMV

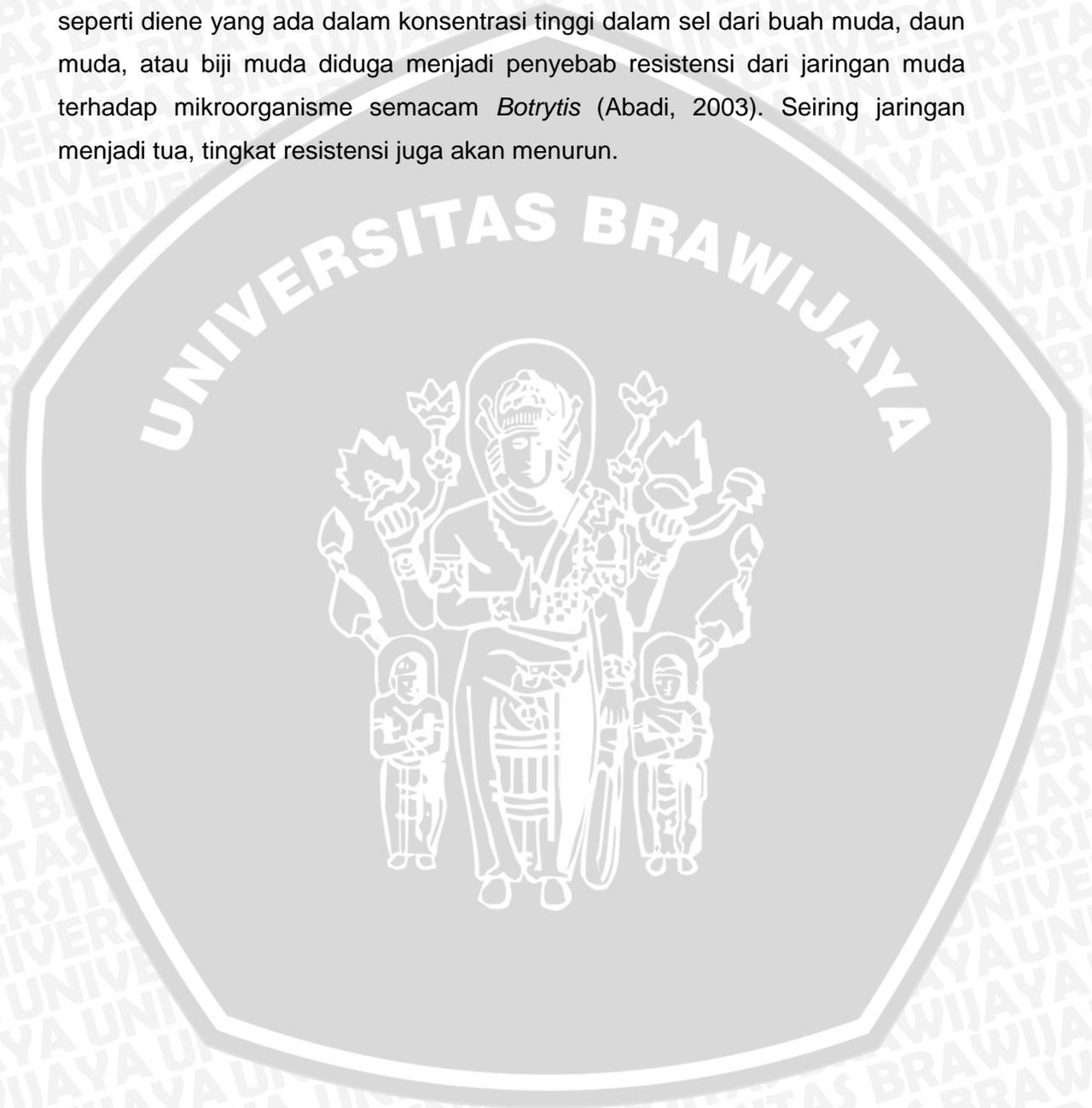
Ketahanan tanaman kacang panjang terhadap CABMV sangatlah penting untuk mendukung distribusi tanaman ini agar semakin meluas. Infeksi CABMV, selain menyebabkan berkurangnya nilai produksi, juga menimbulkan gejala yang membuat tampilan kacang panjang tidak menarik sehingga tidak dapat menembus supermarket atau restoran. Tanaman kacang panjang dikatakan tahan terhadap CABMV apabila pada saat terserang virus CABMV tanaman tersebut tidak menunjukkan gejala, tidak mempengaruhi pertumbuhan dan tidak mempengaruhi hasil produksi. Penilaian kategori ketahanan pada enam perlakuan berbagai dosis PGPR berbeda didasarkan pada metode Castillo *et al.*, (1976) yang sudah dimodifikasi. Kategori tingkat ketahanan dibagi menjadi tiga, yaitu kategori Tahan (T), kategori Sedang (S), dan kategori Rentan (R). Parameter yang digunakan untuk menghitung kategori ketahanan tanaman kacang panjang terhadap infeksi virus CABMV yaitu intensitas serangan penyakit. Hal ini dikarenakan pada perhitungan tabel Anova, hanya variabel pengamatan intensitas serangan penyakit yang hasilnya berbeda nyata.

Tabel 8. Nilai Indeks Ketahanan Tanaman Kacang Panjang Terhadap Infeksi CABMV

Perlakuan	Intensitas Serangan	Σ	Rerata	Kategori Ketahanan
Dengan inokulasi tanpa PGPR	8	8	8	Tahan
Dengan inokulasi dan dengan PGPR 1 ml/l	7	7	7	Tahan
Dengan inokulasi dan dengan PGPR 5 ml/l	6	6	6	Sedang
Dengan inokulasi dan dengan PGPR 25 ml/l	4	4	4	Rentan
Dengan inokulasi dan dengan PGPR 50 ml/l	5	5	5	Rentan

Setiap perlakuan yang diuji memiliki tingkat ketahanan yang berbeda. Berdasarkan Tabel 9 dapat dijelaskan bahwa dari lima perlakuan yaitu perlakuan dengan pemberian dosis PGPR 25 ml/l air dan 50 ml/l air berada pada kategori rentan. Kemudian perlakuan dengan pemberian dosis PGPR 5 ml/l air berada pada kategori sedang. Dan perlakuan dengan pemberian dosis PGPR 1 ml/l air serta perlakuan tanpa pemberian PGPR berada pada kategori tahan. Ketahanan sejati suatu tanaman dibagi menjadi dua, yaitu ketahanan horizontal dan ketahanan vertikal. Ketahanan horizontal merupakan ketahanan yang dikendalikan oleh puluhan hingga ratusan gen yang beberapa di antaranya hanya memainkan peranan kecil dalam memberi bahan dan berpartisipasi dalam pembentukan struktur untuk mekanisme perahanan pada tumbuhan tersebut. Oleh sebab itu beberapa menyebutkan bahwa ketahanan horizontal disebut juga ketahanan nonspesifik atau ketahanan umum. Sedangkan ketahanan vertikal merupakan ketahanan yang dikendalikan oleh satu atau beberapa gen yang nampaknya mengendalikan langkah utama dalam interaksi patogen dengan tumbuhan inang yang kemudian berperan penting dalam pertahanan tanaman. Pada umumnya beberapa gen ini merujuk pada perbedaan varietas suatu tanaman. Jadi apabila gen tersebut dimiliki suatu varietas tanaman (misalkan varietas A) akan tetapi tidak dimiliki oleh suatu varietas tanaman lain (misalkan varietas B), varietas A akan resisten terhadap suatu patogen dan varietas B tidak akan resisten terhadap patogen yang sama. Karena pada penelitian ini tidak menggunakan perlakuan perbedaan varietas, maka pembahasan akan lebih merujuk pada ketahanan horizontal. Maka dari itu dapat disimpulkan bahwa pada tiap-tiap tanaman memiliki ketahanan tertentu terhadap infeksi CABMV akan tetapi tidak berbanding lurus dengan besarnya dosis PGPR yang diberikan.

Tahan atau tidaknya suatu tanaman terhadap penyakit tertentu juga dipengaruhi oleh pertahanan kimia suatu tanaman. Tanaman berupaya melindungi dirinya dengan mengeluarkan suatu senyawa tertentu yang diproduksi oleh sel tanaman. Beberapa senyawa fenol, tanin, dan beberapa senyawa menyerupai asam lemak seperti diene yang ada dalam konsentrasi tinggi dalam sel dari buah muda, daun muda, atau biji muda diduga menjadi penyebab resistensi dari jaringan muda terhadap mikroorganisme semacam *Botrytis* (Abadi, 2003). Seiring jaringan menjadi tua, tingkat resistensi juga akan menurun.



BAB V

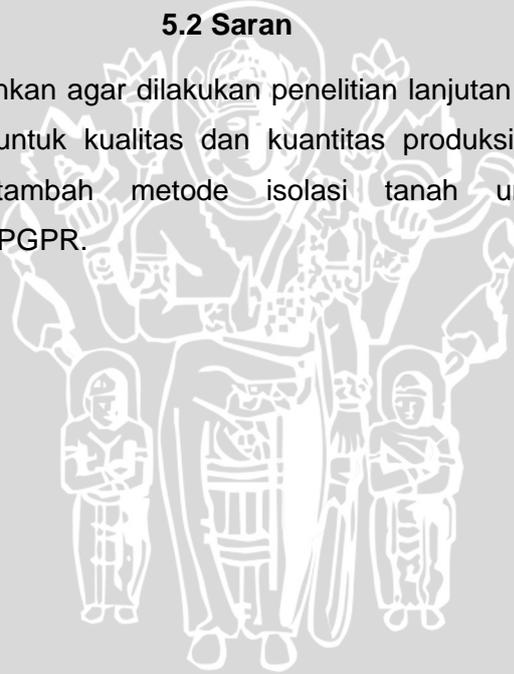
KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa aplikasi PGPR tidak mempengaruhi kualitas dan kuantitas produksi tanaman kacang panjang. Namun penggunaan PGPR pada tanaman kacang panjang yang terserang penyakit CABMV dapat menurunkan intensitas serangan penyakit. Berdasarkan perhitungan ketahanan tanaman, tanaman kacang panjang dengan perlakuan tanpa PGPR dan dengan pemberian dosis PGPR terkecil berada dalam kategori tahan. Hal tersebut diduga bahwa bakteri tidak hidup di dalam tanah dikarenakan belum ada proses isolasi tanah yang bertujuan untuk memastikan keberadaan bakteri dalam tanah.

5.2 Saran

Penulis menyarankan agar dilakukan penelitian lanjutan untuk mengetahui dosis optimal PGPR untuk kualitas dan kuantitas produksi tanaman kacang panjang dengan ditambah metode isolasi tanah untuk mengetahui perkembangan bakteri PGPR.



DAFTAR PUSTAKA

- Abadi, A.L. 2003. Ilmu Penyakit Tumbuhan Jilid 3. Banyumedia. Malang. 135 hal.
- Agrios, G. N. 1996. Ilmu Penyakit Tumbuhan Edisi ketiga. Gajah Mada University Press. Yogyakarta. 713 hal.
- Alexander, M. 1977. Introduction to Soil Microbiology. John Wiley and Sons, Inc., New York.
- Atiri, GI. 1982. Virus-Vector-Host Relationship of Cowpea Aphid-Borne Mosaic Virus in Cowpea [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.]. PhD thesis, University of Ibadan, Nigeria.
- Bashir, M, Hampton RO. 1994. Seed and Aphid Transmission of Some Isolates of Blackeye Cowpea and Cowpea Aphid-Borne Mosaic Potyvirus. Pakistan Journal of Phytopathology, 6(2):140-146.
- Bekri, M. A., Desair J., Keijers V., Proost P., Searle-van Leeuwen M., Vanderleyden J., *et al.* 1999. *Azospirillum irakense* Produces a Novel Type of Pectate Lyase. J. Bacteriol. 181 2440–2447.
- Bock, KR. 1973. East African Strains of Cowpea Aphid-Borne Mosaic Virus. Annals of Applied Biology, 74(1):75-83.
- Bock, KR, Conti M. 1974. Cowpea Aphid-Borne Mosaic Virus, No. 134. In: CMI/AAB Descriptions of Plant Viruses. Wellesbourne, UK: Association of Applied Biology, 4 pp.
- Bos, L. 1970. The Identification of Three New Viruses Isolated From Wisteria and Pisum in The Netherlands, and The Problem of Variation Within The Potato Virus Y Group. Netherlands Journal of Plant Pathology, 76:8-46.
- Hadiastono, T. 2003. Virologi Tumbuhan. Fakultas Pertanian. Universitas Brawijaya. Malang. 83 Hlm.
- Hino, T. 1960. Studies on Asparagus Bean Mosaic Virus. Annals of The Phytopathological Society of Japan, 25:178-186.
- Haryanto, E. 1995. Budi Daya Kacang Panjang. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Iwaki, M. 1979. Virus and Mycoplasma Diseases of Leguminous Crops In Indonesia. Review of Plant Protection Research, 12:88-97.
- Kitajima, EW, Alcântara BKde, Madureira PM, Alfenas-Zerbini P, Rezende JAM, Zerbini FM. 2008. A Mosaic of Beach Bean (*Canavalia rosea*) Caused by an Isolate of Cowpea Aphid-Borne Mosaic Virus (CABMV) in Brazil.
- Kloepper, JW, Ryu C-M, Zhang S. 2004. Induced Systemic Resistance and Promotion of Plant Growth by *Bacillus* spp. Phytopathology 94:1259–1266.
- Lin, MT, Rios GP. 1985. Cowpea Diseases and Their Prevalence in Latin America, In: Singh, SR, Rachie JO, eds. Cowpea Research, Production and Utilization. Chichester, UK: John Wiley and Sons, 199-204.
- Lovisol, O, Conti M. 1966. Identification of an Aphid-Transmitted Cowpea Mosaic Virus. Netherlands Journal of Plant Pathology, 72:265-269.
- Mantelin, S., Touraine B. (2004). Plant Growth-Promoting Bacteria and Nitrate Availability: Impacts on Root Development and Nitrate Uptake. J. Exp. Bot. 55 27–34.

- V. N. Matiru and F. D. Dakora. 2004. "Potential Use of Rhizobial Bacteria as Promoters of Plant Growth for Increased Yield in Landraces of African Cereal Crops," *African Journal of Biotechnology*, Vol. 3, No. 1, pp. 1-7.
- Ndiaye, M, Bashir M, Keller KE, Hampton RO. 1993. Cowpea viruses in Senegal, West Africa: Identification, Distribution, Seed Transmission and Sources of Genetic Resistance. *Plant Disease*, 77(10):999-1003.
- Pitojo, S, 2006. *Benih Kacang Panjang*. Kanisius. Yogyakarta.
- Rai, M. K. 2006. *Handbook of Microbial Biofertilizer*. Food Production Press. New York.
- Rossel, HW, Thottappilly G. 1985. *Virus Diseases of Important Food Crops in Tropical Africa*. Ibadan, Nigeria: International Institute of Tropical Agriculture, 61 pp.
- Semangun, H. 2001. *Pengantar Ilmu Penyakit Tumbuhan*. Gajah Mada University Press. Yogyakarta.
- Somers, E, Vanderleijden J, Srinivasan M. 2004. Rhizosphere Bacterial Signalling: A Love Parade Beneath Our Feet. *Crit 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 Penelitian Hortikultura Lembang 1982/1983.
- Thottappilly, G, Rossel HW. 1992. Virus Diseases of Cowpea in Tropical Africa. *Tropical Pest Management*, 38(4):337-348.
- Tjitrosoepomo, G. 2005. *Taksonomi Tumbuh-tumbuhan*. Gajah Mada University Press. Yogyakarta.
- Touraine B. 2004. "Nitrate Uptake by Roots – Transporters and Root Development," in *Nitrogen Acquisition and Assimilation in Higher Plants* eds De Kok L. J., Stulen I., editors. (Dordrecht: Kluwer Academic Publishers;) 1–34.
- Wei, G., Kloepper, J. W., and Tuzun, S. 1991. Induction of Systemic Resistance of Cucumber to *Colletotrichum Orbiculare* by Select Strains of Plant Growth-Promoting Rhizobacteria. *Phytopathology* 81:1508-1512.
- Whipps, J. M. 2001. Microbial Interaction and Biocontrol in The Rhizosphere *J Exp Bot.* 52:4 487A511.
- Zhang, J, Kumar S & Nei M. 1997. Small-Sample Tests of Episodic Adaptive Evolution: A Case Study of Primate Lysozymes. *Molecular Biology and Evolution* 14:1335-1338.

Tabel Lampiran 1. Anova Rerata Masa Inkubasi pada Tanaman Kacang Panjang

Perlakuan	JK	DB	KT	F _{HIT}	F Tabel	
					5%	1%
Perlakuan	31,8	4	7,94	1,268371	2,87	4,43
Residual/Galat	125	20	6,26			
Total	157	24	6,54			

Tabel Lampiran 2. Anova Intensitas Penyakit pada Tanaman Kacang Panjang

Perlakuan	JK	DB	KT	F _{HIT}	F Tabel	
					5%	1%
Perlakuan	0,042174194	4	0,010544	4,047445*	2,87	4,43
Residual/Galat	0,052099771	20	0,002605			
Total	0,094273965	24	0,003928			

Tabel Lampiran 3. Anova Tinggi Tanaman Kacang Panjang

Perlakuan	JK	DB	KT	F _{HIT}	F Tabel	
					5%	1%
Perlakuan	3906,82	5,00	781,36	1,37	2,62	3,90
Residual/Galat	13646,68	24,00	568,61			
Total	17553,49	29,00	605,29			

Tabel Lampiran 4. Anova Jumlah Daun Tanaman Kacang Panjang

Perlakuan	JK	DB	KT	F _{HIT}	F Tabel	
					5%	1%
Perlakuan	1316,48	5,00	263,30	1,70	2,62	3,90
Residual/Galat	3715,20	24,00	154,80			
Total	5031,68	29,00	173,51			

Tabel Lampiran 5. Anova Jumlah Polong Tanaman Kacang Panjang

Perlakuan	JK	DB	KT	F _{HIT}	F Tabel	
					5%	1%
Perlakuan	112	5	22,4	2,014993	2,62	3,90
Residual/Galat	267	24	11,11667			
Total	379	29	13,06207			

Tabel Lampiran 6. Anova Bobot Biji Total Kacang Panjang

Perlakuan	JK	DB	KT	F _{HIT}	F Tabel	
					5%	1%
Perlakuan	182,45	5	36,49089	1,510148	2,62	3,90
Residual/Galat	579,93	24	24,16378			
Total	762,39	29	26,28914			

Tabel Lampiran 7. Anova Bobot 10 Biji Kacang Panjang

Perlakuan	JK	DB	KT	F _{HIT}	F Tabel	
					5%	1%
Perlakuan	0,190747	5	0,038149	1,577723	2,62	3,90
Residual/Galat	0,58032	24	0,02418			
Total	0,771067	29	0,026589			

Lampiran 8

Penghitungan Kategori Ketahanan Tanaman dengan Metode Castillo (1976)

1. Nilai indeks tertinggi tanaman

$$\begin{aligned} \text{Nilai indeks tertinggi} &= \frac{\sum \text{rerata tertinggi tiap variabel pengamatan}}{\sum \text{nilai notasi tertinggi hasil Uji BNT}} \\ &= \frac{32,15}{4} \\ &= 8,03 \end{aligned}$$

2. Nilai indeks terendah

$$\text{Nilai indeks terendah} = \frac{\text{Nilai indeks tertinggi}}{\text{Nilai huruf notasi tertinggi}}$$

$$2.1 \text{ Intensitas Penyakit} = 8,03/4 = 2,0$$

3. Nilai indeks selanjutnya = $\frac{\text{Nilai indeks terendah} \times \text{nilai huruf mendampingi}}{\text{Jumlah huruf yang mendampingi}}$

Nilai notasi masing-masing huruf adalah :

$$a=1; b=2; c=3; d=4; e=5$$

- a) Dengan inokulasi tanpa PGPR

$$IP = (2 \times 4) / 1 = 8$$

- b) Dengan inokulasi dan dengan PGPR 1 ml/l

$$IP = (2 \times 7) / 2 = 7$$

- c) Dengan inokulasi dan dengan PGPR 5 ml/l

$$IP = (2 \times 3) / 1 = 6$$

d) Dengan inokulasi dan dengan PGPR 25 ml/l

$$IP = (2 \times 2) / 1 = 4$$

e) Dengan inokulasi dan dengan PGPR 50 ml/l

$$IP = (2 \times 5) / 2 = 5$$

4. Nilai Indeks tertinggi = $\frac{\text{Rerata Nilai Tertinggi} \times \text{Rerata Nilai Terendah}}{\text{Jumlah Kategori Ketahanan}}$

$$= \frac{8-4}{3} = 1,33$$

Jadi interval kategori ketahanan

$$8 - 1,33 = 6,67$$

$$6,66 - 1,33 = 5,33$$

$$5,32 - 1,33 = 3,99$$

Sehingga

$$6,67 - 8 = \text{Tahan}$$

$$5,33 - 6,66 = \text{Sedang}$$

$$3,99 - 5,32 = \text{Rentan}$$

Perlakuan	Intensitas Serangan	Σ	Rerata	Kategori Ketahanan
Dengan inokulasi tanpa PGPR	8	8	8	Tahan
Dengan inokulasi dan dengan PGPR 1 ml/l	7	7	7	Tahan
Dengan inokulasi dan dengan PGPR 5 ml/l	6	6	6	Sedang
Dengan inokulasi dan dengan PGPR 25 ml/l	4	4	4	Rentan
Dengan inokulasi dan dengan PGPR 50 ml/l	5	5	5	Rentan