

BAB IV

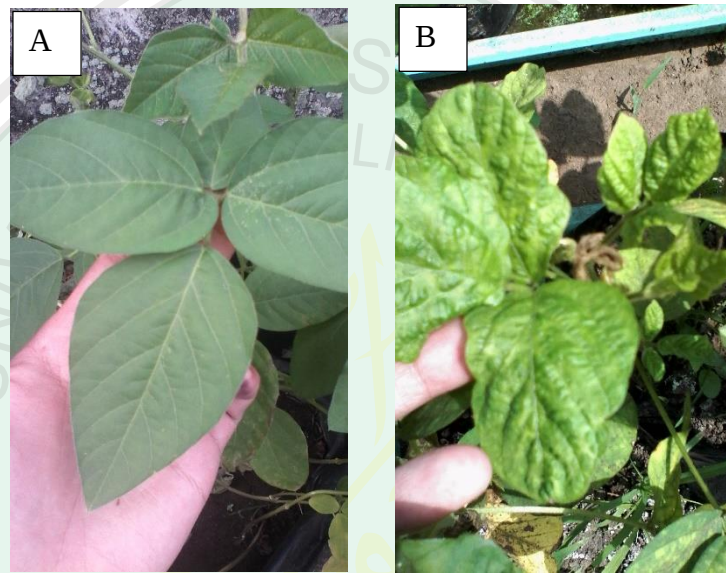
HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Infeksi CPMMV (*Cowpea Mild Mottle Virus*) pada Tanaman Kedelai (*Glycine max* (L.) Merrill)

Cowpea Mild Mottle Virus (CPMMV) merupakan virus berbentuk partikel filamen yang mengandung utas tunggal RNA, protein, tidak mengandung lipid dan masuk dalam kelompok *carlavirus*. CPMMV merupakan virus yang dibawa oleh vektor kutu kebul (*Bemisia tabacci*) (Tavasoli, 2009). Berdasarkan hasil pengamatan pada 10 hsi (hari setelah inokulasi) terlihat perbedaan infeksi virus pada tanaman kedelai varietas Argomulyo, Anjasmoro, Tanggamus dan Wilis. Gejala infeksi pada beberapa varietas kedelai ini terlihat pada daun yang mengalami, klorosis, mosaik, dan *vein clearing* (kuning disepanjang tulang daun). Hal ini sesuai dengan penjelasan Akin (2003) yang melaporkan bahwa gejala yang ditunjukkan pada tanaman kedelai yang terserang CPMMV (*Cowpea Mild Mottle Virus*) adalah klorosis, mosaik yang menunjukkan adanya warna yang berbeda secara tidak teratur, seperti warna hijau tua yang diselingi dengan hijau muda. Gejala mosaik biasanya didahului oleh pemucatan sepanjang tulang daun (*vein clearing*).

Gejala yang paling parah ditunjukkan oleh varietas Anjasmoro dimana pada kondisi terinfeksi CPMMV daun terlihat keriting dan berkerut-kerut (Gambar 4.1.) selain itu juga tanaman kedelai varietas Anjasmoro ini terlihat lebih kerdil daripada varietas yang lain. Zubaidah (2006) menyebutkan bahwa CPMMV dapat menyebabkan gejala daun bercak-bercak kuning, mosaik halus atau mosaik kasar,

berkerut-kerut, klorosis, nekrosis apikal dan malformasi daun, tergantung pada kultivar kedelai yang terinfeksi. Gejala lain yaitu tumor, daun mengeriting (*leaf curl*), daun menggulung (*leaf roll*), roset, busuk atau nekrosis yang meluas, proliferasi, dan filodi (Wahyuni, 2005).



Gambar 4.1 Kedelai Sehat (A) Kedelai terinfeksi CPMMV (B)

Akin (2006) menyebutkan bahwa Infeksi virus secara umum akan mengurangi pertumbuhan vegetatif dan generatif tanaman inang. Banyak penelitian infeksi virus menurunkan pertumbuhan tanaman, menurunkan hasil dan komponen hasil tanaman. Beberapa mekanisme virus menyebabkan berkurangnya pertumbuhan tanaman yang ditunjukkan oleh gejala kerdil. Tiga mekanisme fisiologi yang dapat menimbulkan penghambatan pertumbuhan tanaman, yaitu perubahan aktivitas hormon pertumbuhan tanaman, berkurangnya hasil fotosintesis yang dapat dimanfaatkan tanaman, dan berkurangnya kemampuan tanaman dalam pengambilan nutrisi.

4.2 Konsentrasi Protein Tanaman Kedelai (*Glycine max* (L.) Merrill) pada Kondisi Normal dan Terinfeksi CPMMV (*Cowpea Mild Mottle Virus*)

Analisis profil protein tanaman kedelai terinfeksi CPMMV dimulai dari isolasi protein daun kedelai dengan menggunakan metode Stacy dan Aalen (2003). Alasan digunakannya organ daun dikarenakan di dalam daun lebih banyak mengandung protein fungsional dari pada protein cadangan. Witzel *et al.*, (2011) menjelaskan bahwa protein dalam daun tanaman sangat penting untuk banyak proses fisiologis tanaman. Hasil isolasi protein selanjutnya diuji konsentrasi proteinnya, sehingga didapatkan hasil seperti pada tabel 4.1

Tabel 4.1 Konsentrasi protein beberapa varietas tanaman kedelai (*Glycine max* (L.) Merrill) pada kondisi normal dan terinfeksi CPMMV (*Cowpea Mild Mottle Virus*)

No	Nama Sampel	Konsentrasi (µg/ml)
1.	Argomulyo Kontrol	7,01
2.	Argomulyo Infeksi	6,95
3.	Anjasromo Kontrol	4,79
4.	Anjasromo Infeksi	4,03
5.	Tanggamus Kontrol	5,37
6.	Tanggamus Infeksi	2,82
7.	Wilis Kontrol	3,09
8.	Wilis Infeksi	3,26

Hasil pengukuran konsentrasi protein daun kedelai di atas dapat diketahui bahwa pada kondisi terinfeksi CPMMV varietas Anjasromo, Argomulyo dan Tanggamus mengalami penurunan konsentrasi protein. Penurunan konsentrasi protein ini dikarenakan pemakaian komponen metabolit tanaman seperti enzim, asam amino, dan ribosom untuk sintesis protein virus yang mengakibatkan tanaman mengalami

kekurangan metabolit yang secara langsung akan menurunkan sintesis protein tanaman (Akin, 2006),

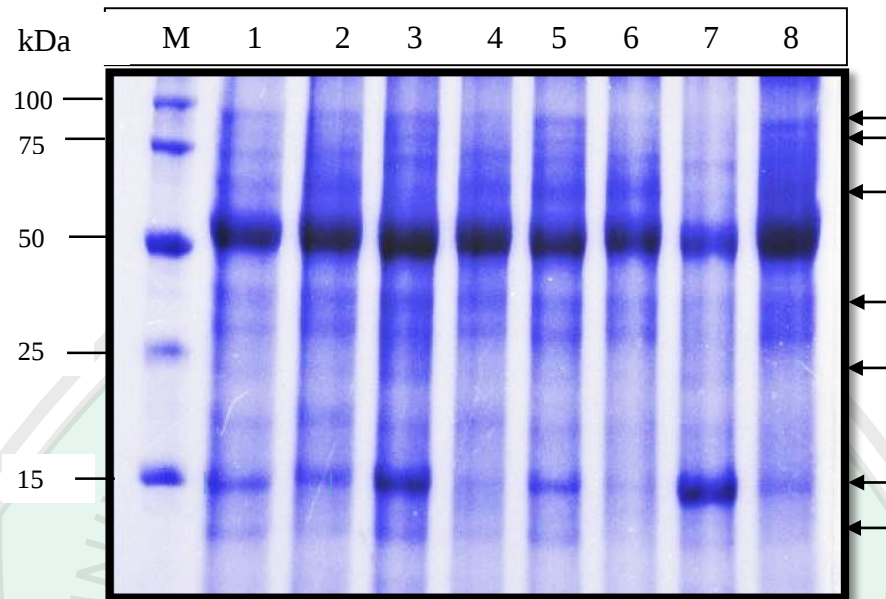
Berbeda dengan varietas Wilis dimana pada kondisi normal konsentrasi protein lebih rendah dari kondisi terinfeksi CPMMV. Hal ini dimungkinkan karena protein terdenaturasi pada saat penyimpanan, karena pada sampel protein kedelai varietas Wilis ini penyimpanannya lebih lama dari sampel yang lain. Widiyanto (2011) dalam Ismanto (2013) menjelaskan bahwa kerusakan yang terjadi pada proses penyimpanan diantaranya terjadi denaturasi protein berarti putusya sejumlah ikatan air dan berkurangnya konsentrasi protein. Campbell (2004) menjelaskan bahwa faktor-faktor penyebab terjadinya denaturasi pada protein adalah suhu lingkungan, pH, tekanan, lama penyimpanan, aliran listrik dan adanya campuran bahan kimia pada senyawa yang terdapat pada protein. Proses denaturasi berlangsung secara tetap, dan tidak berubah, protein yang terdenaturasi akan mengalami perubahan viskositas atau berkurangnya kelarutan cairan sehingga mudah mengendap.

4.3 Profil Protein Tanaman Kedelai (*Glycine max* (L.) Merrill) pada Kondisi Normal dan Terinfeksi CPMMV (*Cowpea Mild Mottle Virus*)

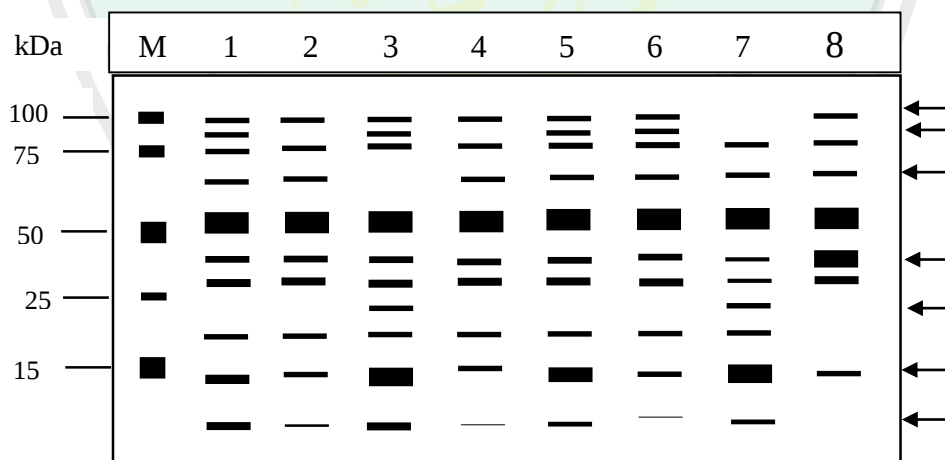
Tumbuhan memiliki kemampuan menghadapi berbagai tekanan pada lingkungan sekitarnya baik yang bersifat biotik maupun abiotik. Salah satu tekanan biotik yang mempengaruhi kelangsungan hidup tumbuhan adalah adanya infeksi virus. Hasil isolasi protein sampel daun tanaman kedelai pada penelitian ini telah dikonfirmasi menggunakan metode SDS-PAGE dengan konsentrasi gel 12,5 %,

menggunakan acuan penelitian terdahulu, yaitu Arumingtyas (2013). Hasil identifikasi profil protein tanaman kedelai terinfeksi CPMMV dengan metode SDS-PAGE dapat dilihat pada gambar 4.1.

Berdasarkan hasil identifikasi profil protein tanaman kedelai pada kondisi normal dan terinfeksi CPMMV yang terlihat pada gambar 4.1, menunjukkan bahwa profil protein kedelai dari varietas Argomulyo, Anjasmoro, Tanggamus dan Wilis yang diambil pada 17 hari setelah tanam menunjukkan perbedaan diantara tanaman normal (kontrol) dan tanaman yang terinfeksi CPMMV. Hal ini terlihat pada kedelai varietas Argomulyo kontrol terdapat 10 pita protein yang terekspresi, 9 pita protein pada varietas Argomulyo terinfeksi CPMMV, 10 pita protein pada varietas Anjasmoro kontrol, 9 pita protein pada varietas Anjasmoro terinfeksi CPMMV, 10 pita protein pada varietas Tanggamus kontrol, 10 pita protein pada varietas Tanggamus terinfeksi CPMMV, 9 pita protein pada varietas Wilis kontrol dan 7 pita protein pada varietas Wilis terinfeksi CPMMV. Hasil pengukuran berat molekul (BM) masing-masing pita protein disetiap varietas seperti tersaji pada lampiran 6.



Gambar 4.1 Profil protein tanaman kedelai (*Glycine max* (L.)Merrill) terinfeksi CPMMV (*Cowpea Mild Mottle Virus*). Keterangan: M= Marker, 1= Argomulyo (rentan) kontrol, 2=Argomulyo (rentan) terinfeksi CPMMV, 3= Anjasmoro (rentan) kontrol, 4= Anjasmoro (rentan) terinfeksi CPMMV, 5= Tanggamus (tahan) kontrol, 6= Tanggamus (tahan) terinfeksi CPMMV, 7= Wilis (tahan) kontrol, 8= Wilis (tahan) terinfeksi CPMMV



Gambar 4.2 Zimogram. Keterangan: M= Marker, 1= Argomulyo (rentan) kontrol, 2=Argomulyo (rentan) terinfeksi CPMMV, 3= Anjasmoro (rentan) kontrol, 4= Anjasmoro (rentan) terinfeksi CPMMV, 5= Tanggamus (tahan) kontrol, 6= Tanggamus (tahan) terinfeksi CPMMV, 7= Wilis (tahan) kontrol, 8= Wilis (tahan) terinfeksi CPMMV

Berdasarkan hasil profil protein tanaman kedelai normal dan terinfeksi CPMMV pada beberapa varietas kedelai seperti pada gambar 4.1. Pada semua varietas ditemukan dua pita protein yang terekpresi lebih tipis pada kondisi terinfeksi CPMMV dari pada kondisi normal, ke dua protein ini adalah protein dengan berat molekul (BM) 12-13 kDa dan 9-10 kDa. Carlberg *et al.*, (2002) menjelaskan bahwa protein dengan berat 12-13 kDa dan 9-10 kDa merupakan kelompok tilakoid fosfoprotein. Protein 12-13 kDa merupakan protein periferil tilakoid di dalam membran tilakoid, sedangkan 9-10 kDa merupakan protein terlarut tilakoid (*Thylakoid soluble phosphoprotein/ TSP9*). Protein-Protein fosforilasi ini berperan sebagai regulasi utama di semua fungsi seluler, kontrol metabolik dan berperan penting dalam proses fotosintesis.

Membran tilakoid dalam kloroplas adalah tempat di mana reaksi utama fotosintesis terjadi (Hippler, 2001). Tilakoid fosfoprotein merupakan kompleks utama protein yang berperan dalam fotosistem I dan II dalam reaksi terang fotosintesis yang merupakan langkah-langkah fotosintesis yang mengubah energi matahari menjadi energi kimiawi. Pada protein periferil membran terdapat pigmen-pigmen seperti klorofil, karoten, dan xantofil pada protein tersebut semua pigmen bekerja bersama-sama secara teratur (Campbell *et al.*, 2002). Protein membran tilakoid (12-13 kDa) dikode oleh gen *psbU* didalam genom nukleus (JR *et al.*, 1997) sedangkan TSP9 (9 kDa) dikode oleh gen *psbH* didalam genom kloroplas (Wollman *et al.*, 1999) kedua protein ini berasosiasi dalam mengontrol penyerapan cahaya pada fotosistem I dan II.

Tipisnya tilakoid fosfoprotein pada tanaman yang terinfeksi virus mengindikasikan jumlah protein membran tilakoid yang menurun, ini akan menyebabkan terganggunya proses fotosintesis pada tanaman yaitu berkurangnya kemampuan tanaman dalam penyerapan cahaya matahari. selain itu juga mengindikasikan pigmen pada tanaman yang berkurang. Oleh karena itu pada tanaman yang terinfeksi CPMMV secara morfologi menunjukkan gejala klorosis, kering, berkerut-kerut dan pucat pada sepanjang urat daun (Gambar 4.1). Menurunnya jumlah protein membran tilakoid pada tanaman terinfeksi virus ini juga telah dibuktikan oleh Ariyanti (2011) dan Hamida (2013) pada tanaman cabai dan tembakau yang terinfeksi virus.

Hal ini sesuai dengan Zubaidah *et al.*, (2006) yang menjelaskan bahwa penurunan hasil oleh virus terutama disebabkan rendahnya aktivitas fotosintesis sebagai akibat penurunan jumlah klorofil dan kerusakan stomata. Penurunan efisiensi klorofil dan penurunan pertumbuhan daun serta masih banyak proses metabolisme dalam tanaman yang dihambat akibat serangan virus. Akin (2006) lebih lanjut menjelaskan mekanisme penurunan fotosintesis pada tanaman terinfeksi virus yang menunjukkan gejala mosaik atau menguning merupakan akibat efisiensi kloroplas yang menurun. Pada daun yang terinfeksi virus akan terjadi perubahan bentuk, ukuran, dan penggumpalan kloroplas, serta penumpukkan pati. Infeksi virus mengakibatkan terjadinya penurunan proses biokimia kloroplas, serta penurunan pigmen fotosintesis

lainnya, seperti karoten dan xantofil. Infeksi virus juga akan menurunkan kandungan klorofil total daun.

Albert *et al.*, (2002) menjelaskan bahwa ketebalan pita protein menunjukkan konsentrasi protein tersebut, dimana dengan intensitas yang lebih tipis memiliki konsentrasi yang lebih rendah. Berdasarkan penelitian Riccardi *et al.*, (1998), Tida *et al.*, (2006), Bensen *et al.*, (1988), Nayer dan Reza (2007) dalam Sandy (2009) melaporkan bahwa terjadi peningkatan total kandungan beberapa protein (konsentrasi dan jumlah pita protein) dan juga penurunan beberapa protein yang lain akibat adanya perlakuan.

Sementara hasil profil protein varietas kedelai rentan CPMMV (Anjasmoro dan Argomulyo) antara tanaman normal dan terinfeksi CPMMV terlihat tiga pita protein yang terekspresi pada tanaman normal namun tidak terekspresi pada tanaman terinfeksi CPMMV dan satu protein yang terekspresi pada kondisi terinfeksi CPMMV namun tidak terekspresi pada kondisi normal protein tersebut adalah protein dengan BM 96 kDa, 94 kDa, 70 kDa dan 24 kDa. Pada varietas Argomulyo protein dengan BM 96 kDa terekspresi pada kondisi normal namun tidak terekspresi pada kondisi terinfeksi, Ohtsuki *et al.*, (1995) melaporkan bahwa protein dengan BM 96 kDa merupakan protein glicirhizin-binding protein (GP96) yang bertindak sebagai substrat untuk kasein kinase II, dan sangat berkaitan dengan *Lipoxygenase* yaitu protein yang berperan dalam merespon jumlah nitrogen dalam tubuh dan diyakini terlibat dalam penyimpanan nitrogen.

Pada varietas Anjasmoro terdapat 2 protein yang terekspresi pada kondisi normal namun tidak terekspresi pada kondisi terinfeksi CPMMV, protein tersebut adalah protein dengan BM 94 kDa dan 24 kDa. Tranbarger *et al.*, (1991) menjelaskan bahwa protein 94 kDa merupakan protein penyimpanan vegetatif (*Vegetatif Storage protein/VSP94*), berdasarkan urutan asam aminonya VSP94 merupakan protein yang homolog dalam kelompok *Lipoxygenase*. Selain itu pada varietas Anjasmoro terinfeksi CPMMV juga tidak terekspresi protein dengan BM 24 kDa yang terekspresi pada anjasmoro kontrol, Kallinski *et al.*, (1991) melaporkan bahwa protein 24 kDa merupakan protein Oleosin kedelai yaitu protein struktural yang ditemukan pada tumbuhan berpembuluh.

Selain terdapat beberapa protein yang tidak terekspresi, pada varietas Anjasmoro terinfeksi CPMMV ini ditemukan protein baru yang tidak terekspresi pada anjasmoro kontrol protein tersebut adalah protein dengan berat 70 kDa, Peremyslov *et al.*, (1999) menjelaskan bahwa protein 70 kDa yang dikenal dengan *Heat Shock Protein* (HSP70) merupakan protein yang berperan dalam translokasi antar sel dan berperan dalam pergerakan protein virus sehingga virus dapat menyebar kedalam sel-sel tumbuhan. Protein HSP70 merupakan protein yang mirip dengan *triple gene block* pada virus. HSP70 memiliki aktivitas ATPase yaitu protein yang berfungsi untuk hidrolisis ATP, hal ini kemungkinan bahwa hidrolisis ATP dapat menghasilkan energi yang dibutuhkan untuk translokasi virus. Ditemukannya protein 70 kDa yang berperan pada

infeksi virus ini mendukung bahwa varietas Anjamoro merupakan varietas yang rentan terhadap serangan virus.

Pada varietas wilis kontrol terekspresi protein dengan BM 23 kDa dan 17 kDa yang tidak ditemukan pada kondisi terinfeksi CPMMV, Xiang *et al.*, (2004) protein 23 kDa dan 17 kDa merupakan peptida glikoprotein dan termasuk protein simpanan. Selain itu pada varietas Wilis kondisi terinfeksi diekspresikan protein yaitu 99 kDa yang tidak ditemukan pada kondisi normal, Wolpert *et al.*, (1989) menjelaskan bahwa protein 99-100 kDa merupakan protein reseptor victorin yaitu zat toksin dari mikroorganisme.

Hilangnya beberapa protein pada kedelai yang terinfeksi CPMMV ini dikarenakan sintesis protein pada tanaman yang terganggu, virus yang masuk ke dalam sel tanaman akan membebaskan RNAny dari protein mantel dan akan menuju ke mRNA inang, RNA virus bertindak sebagai mRNA dan berasosiasi dengan ribosom lalu bergabung dengan mRNA inang, sintesis RNA polimerase dari RNA dependen inang untuk mensintesis untaian negative-sense genomik RNA, dan selanjutnya sintesis sejumlah kopi genomik RNA dan sintesis protein mantel dengan inisiasi internal pada negative-sense RNA. Pemakaian komponen metabolit tanaman seperti enzim, asam amino, dan ribosom untuk sintesis protein virus mengakibatkan tanaman mengalami kekurangan metabolit yang secara langsung akan menurunkan sintesis protein tanaman (Wahyuni, 2005).

Walsh dan Mohr (2011) menjelaskan bahwa Virus mengganggu setiap langkah dalam proses sintesis protein inang. Dari ketersediaan mRNA inang untuk sintesis ribosom sitoplasma, mekanisme jalur sel-sinyal yang mengatur translasi, aktifitas dan lokalisasi ribosom, semua dikomandoi untuk merangsang dan mempertahankan translasi mRNA virus.

Perbedaan diantara tanaman sehat dan tanaman sakit ini tersirat dalam Al-Qur'an surat Ar Ra'd ayat 4:

وَفِي الْأَرْضِ قِطْعٌ مُتَجَبَّرَاتٌ وَجَنَّاتٌ مِّنْ أَعْنَابٍ وَزُرْعٌ وَخَيْلٌ صِنَوَانٌ وَغَيْرُ صِنَوَانٍ يُسْقَى بِمَاءٍ وَاحِدٍ وَنُفَضِّلُ بَعْضَهَا عَلَىٰ بَعْضٍ فِي الْأُكْلِ إِنَّ فِي ذَٰلِكَ لَآيَاتٍ لِّقَوْمٍ يَعْقِلُونَ ﴿٤﴾

Artinya: “Dan di bumi ini terdapat bagian-bagian yang berdampingan, dan kebun-kebun anggur, tanaman-tanaman dan pohon kurma yang bercabang dan yang tidak bercabang, disirami dengan air yang sama. Kami melebihkan sebagian tanam-tanaman itu atas sebagian yang lain tentang rasanya. Sesungguhnya pada yang demikian itu terdapat tanda-tanda (kebesaran Allah) bagi kaum yang berfikir”

Dalam Tafsir *fi zhilalil qur'an* dijelaskan صنوان و غير صنوان mempunyai arti pohon kurma yang bercabang dan tidak bercabang, ada yang bercabang satu ada yang bercabang dua dan ada yang cabangnya lebih banyak lagi pada satu batangnya, dan kata يسقى yang berarti “sama” maksudnya adalah semua pohon kurma ini disiram dengan air yang sama dan ditanah yang sama sedangkan kata نفضل berarti “lebih”, Allah melebihkan sebagian tanaman dari tanaman yang lain dalam rasa (Qutb, 2004). Ayat tersebut dapat dimaknai bahwa dalam penelitian ini, tanaman kedelai yang hidup

dan tumbuh pada lingkungan yang sama namun ketika terinfeksi oleh penyakit maka akan memiliki sifat yang berbeda yang diikuti dengan genotipe (pita protein) yang berbeda pula.

4.4 Profil protein varietas kedelai (*Glycine max* (L.) Merrill) Tahan CPMMV dan Rentan CPMMV (*Cowpea Mild Mottle Virus*)

Perbedaan profil protein tanaman kedelai rentan (Argomulyo dan Anjasmoro) dan kedelai tahan (Tanggamus dan Wilis) secara kualitatif tidak terdapat perbedaan yang signifikan, tetapi pada kedelai varietas Wilis (tahan) yang terinfeksi CPMMV ditemukan pita protein dengan BM 36 kDa yang cenderung lebih tebal daripada varietas yang lain. Sinha *et al.*, (2014) Menjelaskan bahwa protein dengan BM 34-36 kDa merupakan protein β -1,3 Glucanase yaitu protein terkait patogenesis (*Pathogenesis related protein* (PR-Protein)) Family II, kelas II dan III yang disekresikan ke dalam ruang ekstraselular. Protein PR merupakan protein yang dikode oleh gen R dan termasuk gen poligenik (Soosaar *et al.*, 2005).

Lebih tebalnya protein β -1,3 Glucanase (36 kDa) yang merupakan protein PR (*Pathogenesis Related*) pada tanaman kedelai varietas Wilis (tahan) pada kondisi terinfeksi CPMMV mengindikasikan meningkatnya sintesis protein β -1,3-Glucanase selama infeksi virus. Penelitian serupa dilakukan oleh Ward *et al.*,(1991) dan Bulcke *et al.*,(2002) yang menjelaskan bahwa ekspresi β -1,3-Glucanase pada tembakau merupakan respon terhadap infeksi virus dengan tipe asam nukleat berupa (+) RNA .

Donzelli *et al.*, (2001) melaporkan bahwa Glukanase tanaman merupakan bagian yang penting dari mekanisme pertahanan tanaman dalam melawan patogen, protein ini mempunyai peranan penting dalam diferensiasi sel. Selain itu Glukanase juga terlibat dalam berbagai proses fisiologi dan perkembangan tanaman, seperti pemanjangan sel, pembelahan sel, pemasakan buah, embriogenesis somatik, perkecambahan benih dan pembentukan bunga (Yanlin, 2005). Glukanase terlibat dalam mobilisasi β -glucans saat sumber karbon dan energi telah habis, dan berperan sebagai enzim autolitik (De la Cruz *et al.*, 1995). Keragaman fungsi enzim ini menyediakan berbagai macam keuntungan pada pertahanan tanaman tingkat tinggi melawan serangan mikroorganisme. Keanekaragaman dan pola ekspresi yang berbeda menunjukkan bahwa β -1,3-glukanase memiliki fungsi biologis dalam pertumbuhan dan perkembangan tanaman sebaik peranannya dalam mekanisme pertahanan pada tanaman (Jin *et al.*, 1999).

Ebrahim *et al.*, (2011) menjelaskan bahwa β -1,3-glukanase diyakini memainkan peran penting dalam respon pertahanan tanaman terhadap infeksi patogen. β -1,3-glukanase merupakan faktor yang terlibat dalam respon hipersensitif dan SAR terhadap infeksi virus. Selain itu β -1,3-glukanase juga memiliki efek tidak langsung pada pertahanan tanaman dengan menyebabkan pembentukan elisitor oligosakarida, yang menimbulkan produksi protein- protein PR lain seperti fitoaleksin yang dapat menghambat infeksi CPMMV. Oleh karena itu protein β -1,3 Glukanases (36 kDa) ini diduga sebagai protein pertahanan tanaman kedelai terhadap infeksi CPMMV.

Meningkatnya protein PR β -1,3-Glucanases pada kedelai varietas Wilis (tahan) CPMMV ini mengindikasikan telah terjadinya mekanisme ketahanan terinduksi sistemik (*Sistemic Acquired Resistance*). Hal ini sesuai dengan De Hu dan Klessig (1997) yang menjelaskan bahwa sintesis PR-protein dapat digunakan sebagai indikator dalam aktivasi mekanisme ketahanan sistemik tanaman. Yan (2002) juga melaporkan bahwa mekanisme SAR membutuhkan akumulasi protein PR dalam sistem regulasi.

Sistemic Acquired Resistance merupakan kondisi meningkatnya kesiapan tanaman dalam menghadapi serangan lebih lanjut. SAR dalam pertahanan tanaman terletak pada sistem interaksi ligan patogen dengan reseptor sel spesifik pada jaringan tumbuhan yang terinfeksi (Yan, 2002). Tahapan identifikasi ini memicu jalur transduksi sinyal (STP) yang menghasilkan respon hipersensitif (HR), pada HR, sel tumbuhan menghasilkan molekul antimikroba, yang menutup daerah terinfeksi dengan cara memodifikasi dindingnya, kemudian merusak selnya sendiri. Respon terlokalisasi ini menyebabkan pelukaan dan pembengkakan yang ditunjukkan pada daun terinfeksi. Sel-sel yang terinfeksi membebaskan suatu sinyal kimia, berupa Asam Salisilat (SA) dan menyebarkannya ke seluruh bagian tumbuhan lain (Campbell, 2003). Untuk menanggapi sinyal SA, protein regulator positif NPR1 bergerak ke dalam nukleus dan berinteraksi dengan faktor transkripsi TGA (Johnson *et al.*, 2003). Faktor kompleks NPR1-TGA kemudian direkrut untuk target promotor PR, sehingga pelepasan NPR1 dan peningkatan ekspresi gen PR (Johnson *et al.*, 2003).

Protein merupakan ciptaan Allah, segala sesuatu yang diciptakan Allah tidak ada yang sia-sia hal ini dijelaskan dalam ayat Al-Qur'an surat Al-Imron ayat 191:

الَّذِينَ يَذْكُرُونَ اللَّهَ قِيَمًا وَقُعُودًا وَعَلَىٰ جُنُوبِهِمْ وَيَتَفَكَّرُونَ فِي خَلْقِ السَّمَوَاتِ
وَالْأَرْضِ رَبَّنَا مَا خَلَقْتَ هَذَا بَطْلًا سُبْحَنَكَ فَقِنَا عَذَابَ النَّارِ ﴿١٩١﴾

Artinya: “(yaitu) orang-orang yang mengingat Allah sambil berdiri atau duduk atau dalam keadan berbaring dan mereka memikirkan tentang penciptaan langit dan bumi (seraya berkata): "Ya Tuhan Kami, Tiadalah Engkau menciptakan ini dengan sia-sia, Maha suci Engkau, Maka peliharalah Kami dari siksa neraka.”

Kata بطلا diartikan dengan sia-sia bahwa tidak ada suatu ciptaan Allah yang diciptakan dengan tidak ada manfaatnya (Qutb, 2004) Ayat tersebut dapat dimaknai bahwa tidak ada ciptaan Allah Subhanahu Wa Ta'ala yang diciptakan dengan sia-sia, seperti halnya dengan protein yang merupakan molekul berukuran kecil namun mempunyai fungsi yang besar dalam proses fisiologis tanaman.