

## DETEKSI KEDELAI TRANSGENIK GTS 40-3-2 TAHAN HERBISIDA BERBAHAN AKTIF GLIFOSAT MENGGUNAKAN PCR

Oleh: M. Darul Anwar

### ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan cara mengidentifikasi kedelai GTS 40-3-2 yang mengandung gen ketahanan terhadap herbisida berbahan aktif glifosat dengan penafisan menggunakan herbisida berbahan aktif glifosat dan deteksi keberadaan gen toleran glifosat pada kedelai GTS 40-3-2 (gen *CP4*) melalui PCR. Pada hasil analisa penyemprotan diketahui bahwa 100% kedelai impor dari keempat wilayah tetap hidup 7 hari setelah disemprot herbisida berbahan aktif glifosat, sedangkan kedelai Wilis seluruhnya mati. Selanjutnya DNA dari daun, akar, dan kotiledon kedelai impor diisolasi dan digunakan sebagai cetakan untuk mengidentifikasi keberadaan gen toleran glifosat menggunakan PCR. Gen *actin* digunakan sebagai kontrol internal. PCR dapat dilakukan menggunakan konsentrasi DNA *template* dengan kisaran 13 – 39 ng untuk mendeteksi gen *CP4* dengan suhu penempelan primer 58°C dan ekstensi 30 detik. Keberadaan gen *CP4* dan *actin* dapat dideteksi bersama-sama apabila diawali dengan 5 kali siklus PCR menggunakan primer spesifik daerah 35S-*CP4* dan dilanjutkan 35 kali siklus PCR dengan penambahan primer spesifik untuk gen *actin*.

### ABSTRACT

This study aims to find ways to identify soybean GTS 40-3-2 containing genes resistance to glyphosate herbicide active ingredient with the interpretation of the active ingredient glyphosate herbicide and the detection of the presence of glyphosate-tolerant gene in soybean GTS 40-3-2 (gene *CP4*) via PCR. In the analysis results spraying note that 100% of soybean imports from the four regions still alive 7 days after spraying herbicide active ingredient glyphosate, while soybean Wilis entirely dead. Furthermore, DNA from leaves, roots, and imported soybean cotyledons were isolated and used as a template to identify the presence of glyphosate-tolerant gene using PCR. Actin gene was used as an internal control. PCR can be performed using template DNA concentration in the range of 13 – 39 ng to detect the *CP4* gene with a temperature of 58°C annealing and extension 30 seconds. The existence of the gene *CP4* and *actin* can be detected together when starting with 5 cycles of PCR using specific primers 35S-*CP4* area and followed 35 cycles of PCR with the addition of specific primers for the *actin* gene.

## I. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang Masalah

Pada saat ini kedelai merupakan salah satu komoditas bernilai ekonomi tinggi dan banyak memiliki manfaat, biasa digunakan masyarakat sebagai bahan pangan, bahan baku industri dan pakan ternak. Sekitar 50% dan 40% kedelai yang tersedia untuk

bahan pangan diolah menjadi tempe dan tahu, sedang sisanya untuk pengolahan susu kedelai, kecap, tauge dan tauco (Ginting, 2009). Produk olahan kedelai tersebut merupakan sumber protein nabati yang relatif murah harganya dan dikonsumsi oleh hampir seluruh lapisan masyarakat di Indonesia.

Data Badan Pusat Statistik (BPS) tahun 2011 menyatakan bahwa produksi kedelai lokal hanya sebesar 851.286 ton atau 29% dari total kebutuhan. Untuk memenuhi 71% kebutuhan kedelai dalam negeri, Indonesia mengimpor sebanyak 2.087.986 ton, yang berasal dari Amerika Serikat (1,8 juta ton), Argentina (73.037 ton), Uruguay (16.824 ton), dan Brazil (13.550 ton) (Ihsan, 2012). Jenis kedelai yang banyak ditumbuhkan di Amerika Serikat, Brazil dan Argentina merupakan kedelai transgenik dengan spesifikasi tahan terhadap herbisida berbahan aktif glifosat (Cummins, 2012).

Glifosat sendiri merupakan herbisida non-selektif yang memiliki spektrum pengendali yang luas dan dapat mengendalikan gulma semusim atau tahunan, berdaun lebar dan digunakan pada peringkat pra-tumbuh. (Wardoyo dkk., 2001). Senyawa glifosat ini diserap melalui daun dan diangkut ke dalam semua jaringan tumbuhan. Cara kerjanya mempengaruhi asam nukleat dan sintesis protein (Sastroutomo, 1992). Dengan tanaman transgenik yang mengandung gen resisten terhadap herbisida berbahan aktif glifosat di dalamnya maka kedelai tidak ikut mati ketika herbisida tersebut diaplikasikan pada gulma disekitarnya, meskipun herbisida bersifat tidak selektif.

### 1.2 Identifikasi Masalah

Saat ini terdapat beberapa jenis kedelai transgenik komersial yang telah secara luas ditanam. Dengan banyaknya produk kedelai transgenik yang dikomersialkan tersebut, maka cara untuk mendeteksinya beserta turunan produk yang berasal dari jenis kedelai tersebut perlu untuk dikembangkan.

### 1.3 Rumusan Masalah

Salah satu jenis kedelai transgenik yang banyak ditanam adalah GTS 40-3-2. Penelitian ini diarahkan sebagai awal untuk menjawab bagaimana

mengidentifikasi keberadaan kedelai transgenik GTS 40-3-2.

### 1.4 Tujuan dan Manfaat Penulisan

Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan cara mengidentifikasi kedelai GTS40-3-2 yang mengandung gen ketahanan terhadap herbisida berbahan aktif glifosat.

### 1.5 Hipotesis

Identitas GTS 40-3-2 dapat diketahui dengan melihat kemampuan tumbuh pada kondisi lingkungan mengandung herbisida glifosat. Pada tingkat molekuler, gen penyandang toleransi GTS 40-3-2 terhadap glifosat dapat dideteksi dengan amplifikasi *transgene* yang dikandung oleh GTS 40-3-2.

## II. METODE PENELITIAN

### 2.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Bioteknologi PT. BISI International Tbk. di Jl. HOS Cokroaminoto No. 72 A Pare, Kabupaten Kediri, Propinsi Jawa Timur, pada bulan Desember 2012 sampai dengan bulan Maret 2013.

### 2.2 Alat dan Bahan Penelitian

Alat untuk kegiatan ini meliputi mortar dan pestel untuk menghaluskan materi daun, *automatic thermal cyclers* atau mesin PCR (9700 ABI dan MyCycler BioRad), mikrosentrifugasi, vortex, aparatus agarose gel elektroforesis, *micropipette*, *waterbath*, inkubator dan dokumentasi gel UV Transluminator Alpha Imager. Bahan untuk penelitian ini meliputi kedelai impor dan lokal (varietas Wilis) dan herbisida berbahan aktif glifosat (Rambo; Tanindo-Intertraco). Pada isolasi DNA digunakan nitrogen cair, CTAB (*cetyl trimetil ammonium bromide*) 2%, 2-ME (mercaptoethanol), RNaseA, chloroform:isoamyl alcohol (24:1), alkohol absolut dan alkohol 70% serta NaOAc. Untuk kegiatan PCR digunakan Taq DNA

polymerase dan *buffer* (Thermo), H<sub>2</sub>O, dNTPs, primer spesifik untuk gen ketahanan glifosat, primer spesifik untuk gen *actin*, 6x *loading dye*, penanda ukuran DNA dengan lambda DNA yang dipotong dengan *EcoRI/HindIII* dan 1x TAE *buffer* elektroforesis.

### 2.3 Cara Kerja

Aplikasi herbisida dilakukan ketika kedelai berusia ±14 hari setelah tanam atau setelah tumbuh 3 helai daun. Daun dioles dengan air, dioles dengan glifosat 4,8 gr/l, 9,6 gr/l, 14,4 gr/l. Scoring dilakukan setelah 6 hari dengan melihat gejala yang muncul pada bagian daun yang dioles. Jika daun mengalami nekrotik maka diasumsikan tanaman tersebut tidak tahan terhadap glifosat. Selanjutnya seleksi dilakukan dengan menyemprot kedelai

yang telah ditanam selama ±20 hari dan sebagai kontrol digunakan kedelai lokal varietas Wilis dengan glifosat 14,4 gr/l. Pengamatan dilakukan pada hari ke 5 dan ke 7 setelah aplikasi herbisida.

Deteksi menggunakan PCR diawali dengan isolasi DNA dengan metode CTAB 2% dari 3 bagian tanaman yang yaitu akar, daun, dan kotiledon. Selanjutnya dilakukan PCR dengan bahan; 10x Taq polymerase *buffer* 2,5 µl, dNTPs 0,2 mM, 35S-F0,5 µM, Primer Panjang-R0,5 µM, Primer Pendek-R0,5 µM, Enzim taq polymerase 1,25 U, DNA *template* 25 ng, H<sub>2</sub>O yang ditambahkan sampai 25 µl, Primer *actinforward* 0,5 µM, dan Primer *actinreverse* 0,5 µM. Selanjutnya beberapa program PCR yang ditunjukkan pada tabel 1.

Tabel 1.  
Program PCR

No	Program	Langkah	Suhu (°C)	Waktu		Jumlah siklus
1	PCR 1 (primer panjang)	Denaturasi awal	94	5	menit	1
		Denaturasi	94	30	detik	40
		<i>Annealing</i>	55	30	detik	
		Ekstensi	72	1,5	menit	
		Ekstensi akhir	72	7	menit	1
2	PCR 2 (primer panjang)	Denaturasi awal	94	5	menit	1
		Denaturasi	94	30	detik	40
		<i>Annealing</i>	58	30	detik	
		Ekstensi	72	1,5	menit	
		Ekstensi akhir	72	7	menit	1
3	PCR 3 (primer panjang)	Denaturasi awal	94	5	menit	1
		Denaturasi	94	30	detik	40
		<i>Annealing</i>	57	30	detik	
		Ekstensi	72	40	detik	
		Ekstensi akhir	72	7	menit	1
4	PCR 4 (primer panjang)	Denaturasi awal	94	5	menit	1
		Denaturasi	94	30	detik	40
		<i>Annealing</i>	58	30	detik	
		Ekstensi	72	40	detik	
		Ekstensi akhir	72	7	menit	1
5	PCR 5 (primer pendek)	Denaturasi awal	94	5	menit	1
		Denaturasi	94	30	detik	40
		<i>Annealing</i>	58	30	detik	
		Ekstensi	72	1	menit	
		Ekstensi akhir	72	7	menit	1
6	PCR 6 (primer pendek)	Denaturasi awal	94	5	menit	1
		Denaturasi	94	30	detik	10-30*
		<i>Annealing</i>	58	30	detik	
		Ekstensi	72	1,5	menit	
		Ekstensi akhir	72	7	menit	1
7	PCR 7 (primer pendek)	Denaturasi awal	94	5	menit	1
		Denaturasi	94	30	detik	5-35**
		<i>Annealing</i>	58	30	detik	
		Ekstensi	72	1	menit	
		Ekstensi akhir	72	7	menit	1
8	PCR 8 (primer pendek)	Denaturasi awal	94	5	menit	1
		Denaturasi	94	30	detik	5-35**
		<i>Annealing</i>	58	30	detik	
		Ekstensi	72	30	detik	
		Ekstensi akhir	72	7	menit	

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Aplikasi glifosat (14,4 g/L) pada tanaman kedelai berumur 20 hari memperlihatkan tingkat ketahanan 100% pada kedelai impor dibandingkan dengan kedelai lokal varietas Wilis (tabel 2). Kedelai sensitif glifosat layu pada hari ke

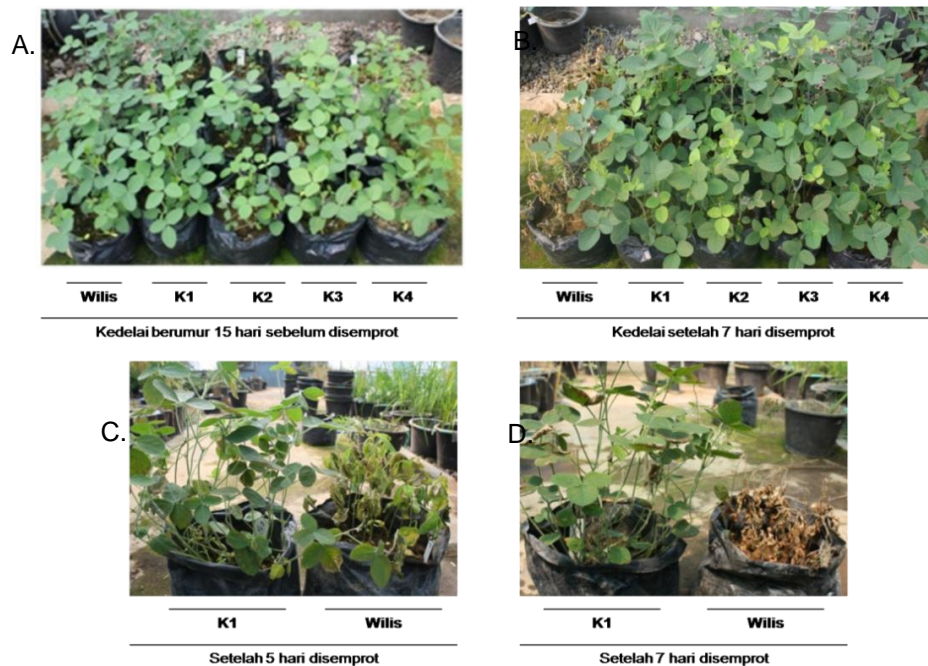
lima dan mati pada hari ke-7, kondisi tanaman diperlihatkan pada gambar 1. Hal ini disebabkan karena didalamnya terdapat gen CP4 EPSPS pada kedelai even GTS 40-3-2 yang diekspresikan dalam kloroplas tempat enzim EPSPS berada dan tempat perombakan asam amino aromatik.

Dengan keberadaan gen CP4 maka proses biosintesis tersebut tidak terhalangi dan tetap dapat menghasilkan asam amino yang dibutuhkan oleh tanaman. Disamping itu sifat herbisida glifosat yang sistemik

menyebabkan adanya translokasi glifosat ke seluruh jaringan tumbuhan sehingga sebagian besar bagian tumbuhan akan mengalami kerusakan dan akhirnya mati 7 hari setelah disemprot.

Tabel 2.  
Hasil penyemprotan herbisida berbahan aktif glifosat (14,4 g/L) pada tanaman kedelai berumur 20 hari.

No	Kode Tanaman	Kondisi tanaman 5 hari setelah penyemprotan			Kondisi tanaman 7 hari setelah penyemprotan		
		Hidup	Layu	Mati	Hidup	Layu	Mati
1	W (Wilis)	-	45	-	-	-	45
2	K1	45	-	-	45	-	-
3	K2	45	-	-	45	-	-
4	K3	45	-	-	45	-	-
5	K4	45	-	-	45	-	-
Jumlah		180	45	-	180	-	45



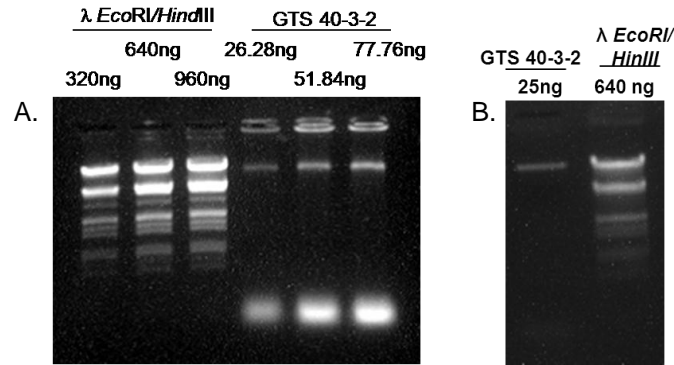
Gambar 1.

Hasil penyemprotan herbisida berbahan aktif gifosat; A, Kedelai Wilis dan kedelai impor berumur 15 hari sebelum disemprot; B, Kedelai setelah 7 hari disemprot glifosat dengan dosis 14,4 g/L; C, Perbandingan kedelai impor dan kedelai Wilis setelah 5 hari disemprot; D, Perbandingan kedelai impor dan kedelai Wilis setelah 7 hari disemprot.

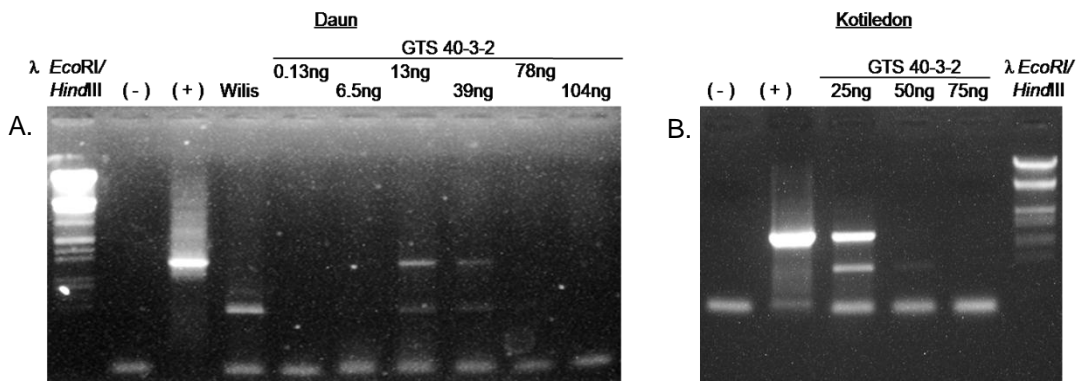
### 3.1 Isolasi DNA kedelai dan pengukuran konsentrasi DNA

Agarose gel elektroforesis digunakan untuk memverifikasi DNA dari tanaman kedelai yang diisolasi menggunakan

CTAB. Hasil verifikasi genom menunjukkan konsentrasi hasil DNA dari daun dan kotiledon yang ditunjukkan pada gambar 2.



Gambar 2. Verifikasi awal genom GTS 40-3-2 menggunakan agarose gel elektroforesis; A, genom daun; B, genom kotiledon



Gambar 3. Hasil PCR dengan konsentrasi DNA *template* yang berbeda

Setelah dilakukan PCR diperoleh hasil bahwa gen CP4 dan *actin* dapat teramplifikasi ketika menggunakan *template* dengan rentang konsentrasi 13 ng–39 ng. Pita ditunjukkan pada kolom 13 ng dan 39 ng gambar 3A yang didalamnya terdapat kopian CP4 dan *actin*. Hal tersebut juga berlaku untuk genom yang diekstraksi dari kotiledon, dimana setelah dilakukan PCR dengan konsentrasi 25 ng, 50 ng, dan 75 ng, diperoleh hasil bahwa pada konsentrasi 25 ng saja yang dapat menghasilkan *amplicon*

sedangkan pada konsentrasi 50 ng dan 75 ng tidak diperoleh hasil (gambar 3B).

### 3.2 Deteksi kedelai GTS 40-3-2 dengan PCR

Deteksi GTS 40-3-2 menggunakan 2 primer yang berbeda, pada mulanya menggunakan primer CP4 panjang sehingga menghasilkan kopian 1.705 bp dan primer CP4 pendek sehingga menghasilkan kopian 1.285 bp. Dari penggunaan kedua primer tersebut diperoleh hasil PCR seperti yang ditunjukkan pada tabel 3.

Tabel 3.  
Hasil Produk PCR Gen CP4

No	Program	Panjang kopian CP4		Keberadaan CP4 pada Sampel Kedelai	
		1.705 bp	1.285 bp	Wilis	GTS 40-3-2
1	PCR 1	Ada	Tidak dilakukan	Tidak ada	Ada
2	PCR 2	Ada	Tidak dilakukan	Tidak dilakukan	Ada
3	PCR 3	Ada	Tidak dilakukan	Tidak dilakukan	Ada
4	PCR 4	Ada	Tidak dilakukan	Tidak dilakukan	Ada
5	PCR 5	Tidak dilakukan	Ada	Tidak dilakukan	Ada

Dari hasil PCR *single* tersebut menunjukkan bahwa kedua jenis primer PCR dapat digunakan untuk mendeteksi keberadaan gen CP4. Hal itu sekaligus menunjukkan bahwa kedelai impor yang digunakan sebagai sampel adalah kedelai even GTS 40-3-2 yang memiliki sifat tahan terhadap herbisida berbahan aktif glifosat, sedangkan kedelai lokal varietas wilis bukan kedelai transgenic. Pengujian menggunakan 3 bagian kedelai GTS 40-3-2 yang berbeda menunjukkan adanya gen CP4 tersebut. Hal ini terjadi karena ekspresi gen CP4 pada kedelai even GTS 40-3-2 diregulasikan oleh promoter *enhanced 35S (E35S)* dari *couliflower mozaik virus* atau CaMV (GM Crop Database, 2012). Promoter E35S termasuk promoter konstitutif yang berarti bahwa promoter tersebut mendorong ekspresi gen yang dibawanya akan tampak pada seluruh jaringan tanaman (Galun, Esra dan Breiman, Adina, 1998). Disamping itu pada kedelai GTS 40-3-2 menggunakan terminator CTP (*chloroplast transit peptide*) yang membawa CP4 EPSPS ke dalam kloroplas yang menjadi tempat keberadaan EPSPS serta berlangsungnya biosintesis asam amino aromatik. Disamping itu, dengan hasil dari ketiga materi yang dideteksi tersebut, dapat ditemukan persiapan materi yang lebih cepat dalam mendeteksi kedelai GTS 40-3-2, yaitu selama 3 hari dengan menyemaikan biji kedelai hingga tumbuh kotiledonnya.

Untuk optimasi program PCR gen CP4, digunakan 2 jenis modifikasi program yaitu dengan merubah suhu *annealing* dan merubah waktu ekstensi. Suhu *annealing* yang digunakan sebesar 55°C, 57°C, dan 58°C. Pada tabel 8 menunjukkan dari ketiga suhu yang digunakan diperoleh hasil kopian gen CP4, sehingga suhu *annealing* yang lebih efektif digunakan untuk mengamplifikasi gen CP4 adalah 58°C. Suhu *annealing* ini menentukan kemampuan polymerase dalam pengikatan nukleotida pada ujung 3' primer untuk memulai pemanjangan. Suhu yang terlalu rendah dapat meningkatkan resiko pengikatan primer pada urutan basa yang salah, menghasilkan *amplicon* yang tidak diinginkan hingga pada akhirnya dapat mengurangi produk PCR. Suhu yang lebih tinggi menunjukkan spesifikasi primer sehingga dapat mengoptimalkan kinerja primer.

Modifikasi waktu yang digunakan untuk optimasi PCR CP4 adalah lama ekstensi yang menggunakan 90 detik dan 40 detik. Dari PCR dengan waktu ekstensi berbeda yaitu program PCR 1 dan PCR 4 (tabel 3) menunjukkan kalau keduanya dapat menghasilkan *amplicon* CP4 yang diinginkan sehingga waktu ekstensi yang lebih efisien untuk mengamplifikasi gen CP4 adalah 40 detik. Waktu ekstensi yang lebih cepat tersebut dapat menguntungkan bagi pengujian untuk mendapatkan hasil PCR dengan segera.

PCR multipleks merupakan teknik PCR yang digunakan untuk mengamplifikasi 2 gen atau lebih secara bersamaan. Dalam penelitian, program ini digunakan untuk mengamplifikasi gen CP4 dan gen *actin* kedelai. Beberapa kombinasi reaksi PCR dilakukan untuk mendapatkan

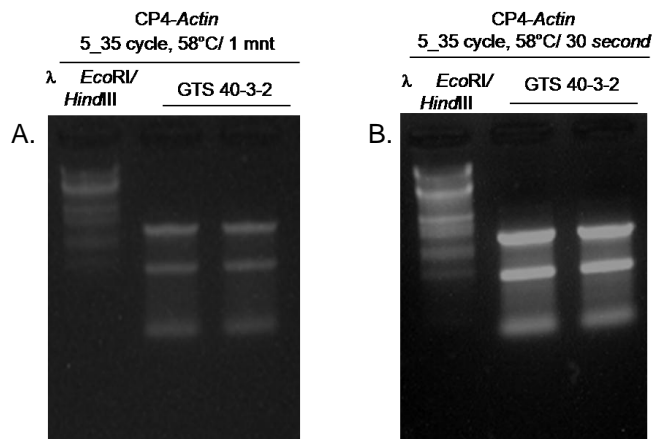
kondisi ideal untuk mendapatkan produk PCR bagi even GTS 40-3-2 dan gen *actin* tersebut secara bersama-sama dalam satu reaksi. Dari beberapa kombinasi program PCR tersebut diperoleh hasil seperti yang ditunjukkan pada tabel 4.

Tabel 4.  
Hasil Produk PCR Multipleks

No	Program	Produk PCR 1.705 bp		Produk PCR 1.285 bp	
		GTS 40-3-2	Gen <i>Actin</i>	GTS 40-3-2	Gen <i>Actin</i>
1	PCR 1	Tidak ada	Ada	Tidak dilakukan	Tidak dilakukan
2	PCR 4	Tidak ada	Ada	Tidak dilakukan	Tidak dilakukan
3	PCR 5	Tidak dilakukan	Tidak dilakukan	Tidak ada	Ada
4	PCR 6	Tidak dilakukan	Tidak dilakukan	Ada	Tidak ada
5	PCR 7	Tidak dilakukan	Tidak dilakukan	Ada	Ada
6	PCR 8	Tidak dilakukan	Tidak dilakukan	Ada	Ada

Dari tabel tersebut menunjukkan bahwa program PCR dengan jumlah siklus pertama menjadi 5 kali dan dilanjutkan dengan 35 siklus kedua setelah penambahan *actin* yaitu program PCR 7 dan PCR 8, didapati hasil kopian baik gen

CP4 maupun gen *actin* seperti yang ditunjukkan pada gambar 12. Hal ini menunjukkan bahwa PCR untuk mendeteksi even GTS 40-3-2 dapat dilakukan bersama-sama dengan PCR untuk mendeteksi gen *actin* pada kedelai.



Gambar 4. Hasil PCR multipleks CP4-actin

Penggunaan kontrol internal ini untuk menunjukkan bahwa dalam reaktan PCR yang digunakan benar terdapat *template* yang akan diamplifikasi gennya. *Actin* ini merupakan salah satu protein globuler

multifungsi yang membentuk mikrofilamen dan dapat dijumpai pada seluruh sel eukariotik. *Actin* memiliki peranan penting di dalam sel, diantaranya adalah pergerakan sel, pembelahan sel dan



diferensiasi sel, pergerakan organel-organel sel, serta memberi bentuk sel (Dominguesh, Roberto dan Holmes, Kenneth C., 2011). Seiring dengan perkembangan biologi molekuler, keberadaan *actin* juga digunakan sebagai kontrol internal dalam pengujian ekspresi gen (Worthington Biochemical Corp.,2013) termasuk gen kedelai impor yang digunakan dalam penelitian ini.

#### IV. PENUTUP

##### 4.1 Kesimpulan

Dari penelitian mengenai deteksi kedelai transgenik even GTS 40-3-2 yang memiliki karakter tahan terhadap herbisida berbahan aktif glifosat pada kedelai impor dapat disimpulkan bahwa deteksi menggunakan metode semprot, yaitu dengan aplikasi langsung herbisida pada tanaman menunjukkan bahwa kedelai yang diperoleh dari keempat daerah berbeda di Kediri, 100% hidup baik 5 hari atau 7 hari setelah disemprot. Hal ini berbeda dengan tanaman kedelai lokal yang dalam hal ini menggunakan kedelai varietas Wilis yang mengalami 100% kelayuan setelah 5 hari dan selanjutnya mati di hari ketujuh setelah diaplikasikan herbisida berbahan aktif glifosat terhadapnya. Untuk memperoleh hasil deteksi yang optimal diperlukan

konsentrasi DNA yang tepat pula sehingga ketika diaplifikasi dapat diperoleh kopian (ada hasilnya). Dari hasil penelitian untuk memperoleh *amplicon* yang optimum diperlukan DNA genom dengan kisaran 13ng- 39ng. Sumber DNA yang diisolasi sebagai *template* PCR dapat diperoleh dari daun, akar, dan kotiledon. Dari ketiganya dapat dideteksi keberadaan gen CP4, hal ini sesuai dengan promoter yang dimiliki CP4 yaitu 35 S sehingga dapat dijumpai di seluruh bagian tumbuhan. Selain itu persiapan materi dapat dilakukan lebih cepat dengan menggunakan kotiledon, karena hanya menunggu 3 hari setelah biji disemaikan. Deteksi menggunakan PCR dapat dijalankan dengan beberapa program, hasil optimasi program menunjukkan bahwa penggunaan suhu *annealing* 58° C dan waktu ekstensi 40 detik adalah program yang lebih efektif untuk mendeteksi keberadaan gen CP4 yang terdapat dalam genom tanaman kedelai. Untuk mendeteksi 2 gen yaitu CP4 dan gen *actin* sebagai gen penanda tanaman kedelai dapat dijalankan dengan memprogram suhu *annealing* 58°C dan ekstensi 30 detik, siklus dijalankan 5 kali tanpa primer *actin*, setelah 5 kali siklus, primer *actin* baru ditambahkan dan siklus diulang sebanyak 35 kali.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Cummins, 2010. Glyphosate Resistance in Weeds The transgenic treadmill. Institute of Science in Society report.
- Dhingra, Amit., dan Henry D., 2004. Engineering herbicide resistance pathway in plastids. Molecular biology and biotechnology of plant organelles, 491-551. Kluwer Academic Publishers.
- Dominguesh, Roberto dan Kenneth C.H. 2011. Actin structure and function. Abstract. Annual Review Of Biophysics.Germany.
- Ginting, Erliana, S. Satya Antarlina dan S. Widowati. 2009. Varietas unggul kedelai untuk bahan baku industri pangan. Jurnal Litbang Pertanian, 28(3).
- GM Crop Database. 2012. Database Product Description. (online. <http://cera-gmc.org/index>). Diakses tanggal 01/05/2013

- Ihsan, Nurman, 2012. Kedelai impor kita ternyata kedelai transgenik. (online. <http://ceritanurmanadi.wordpress.com/2012/08/17/apakah-kedelai-transgenik-berbahaya.html>). Diakses tanggal 25/09/2012
- Sastroutomo, S.S. 1992. Pestisida: Dasar-dasar dan dampak penggunaannya. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
- Supriyatna, Iwan. 2012. Produksi kedelai lokal baru 35,09%. (online, <http://m.okezone.com/read/2012/08/14/320/67431/produksi-kedelai-lokal-baru-35-09/large>). Diakses tanggal 25/09/2012.
- Wardoyo, Setyo S., Oteng Haridjaja dan Widiatmaka. 2001. Distribusi herbisida glifosat dan pengaruhnya terhadap sifat tanah serta pertumbuhan tanaman. (online. <http://repository.ipb.ac.id/handle>). Diakses tanggal 25/09/2012.
- Worthington Biochemical Corp. 2013. Actin. (online. <http://www.worthington-biochem.com/ACT/default.htm>). Diakses tanggal 28/04/2013