

Pengujian Mutu Bahan Aktif IPA Glyphosate 480 SL dalam Sampel Produk Pestisida Secara Kromatografi Cair Kinerja Tinggi (HPLC)

Laili Meilany¹, Ferra Naidir^{2*}, Novita Elia³

¹Prodi Teknik Kimia, Universitas Bhayangkara Jakarta Raya, Kota Bekasi, Indonesia.

²Prodi Teknik Kimia, Universitas Bhayangkara Jakarta Raya, Kota Bekasi, Indonesia.

³Pusat Promosi dan Sertifikasi Hasil Pertanian, Kota Jakarta, DKI Jakarta, Indonesia.

Email: lailimeilany10@gmail.com, Ferra.naidir@dsn.ubharajaya.ac.id^{2*},
novelita.1591@gmail.com³

Received 15 Januari 2025/ Revised 25 Januari 2025/ Accepted 2 Februari 2025

ABSTRAK

Sektor pertanian berperan penting dalam kehidupan, pembangunan, dan perekonomian Indonesia. Untuk meningkatkan produktivitas hasil panen, penggunaan pestisida, termasuk herbisida berbahan aktif seperti IPA Glyphosate, efektif dalam menghambat pertumbuhan gulma, sehingga tanaman utama dapat tumbuh optimal. Penelitian ini bertujuan untuk memastikan bahwa kadar bahan aktif IPA Glyphosate dalam produk pestisida sesuai dengan spesifikasi standar yang telah ditetapkan. Penentuan kadar bahan aktif IPA Glyphosate menggunakan metode HPLC pada kolom fase terbalik C-18 menggunakan fase gerak Aquabidest : Metanol (24:1) dengan pH 1,9 dan detektor UV-Vis panjang gelombang 205 nm. Parameter pengujian ini meliputi pengujian linearitas, presisi, kadar bahan aktif. Hasil analisis pengujian mutu yang dilakukan menunjukkan linearitas koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,9973 sesuai pada CIPAC 3807 bahwa mendekati 1. Presisi digambarkan dalam bentuk persentase Relative percent different (%RPD) didapatkan hasil sebesar 2,3%, memenuhi syarat karena $\leq 3,14\%$ (CV Horwitz). Dan pada pengujian kadar bahan aktif IPA Glyphosate didapatkan hasil sebesar 499,19 g/L atau 499,19 SL.

Kata kunci: IPA Glyphosate, hplc, linearitas, presisi, kadar bahan aktif

ABSTRACT

The agricultural sector is crucial in Indonesia's life, development, and economy. To increase crop productivity, the use of pesticides, including herbicides with active ingredients such as IPA Glyphosate, is effective in inhibiting weed growth so that the main crop can grow optimally. This study aims to ensure that the levels of active ingredients of IPA Glyphosate in pesticide products are by predetermined standard specifications. Determination of IPA Glyphosate active ingredient levels using the HPLC method on a C-18 reversed-phase column using a mobile phase of Aquabidest: Methanol (24:1) with pH 1.9 and UV-Vis detector wavelength 205 nm. The parameters of this test include linearity, precision, and active ingredient content. The results of the quality testing analysis achieved show the linearity of the coefficient of determination (R^2) of 0.9973 by CIPAC 3807, which is close to 1. Precision was represented as Relative percent different (%RPD) obtained results of 2.3%, qualified because $\leq 3.14\%$ (CV Horwitz). And in testing the active ingredient content of IPA Glyphosate, the result is 499.19 g/L or 499.19 SL.

Keywords: IPA Glyphosate, hplc, linearity, precision, active ingredient content

1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara agraris, di mana sektor pertanian mampu melestarikan sumber daya alam, mendukung kehidupan, serta menciptakan lapangan pekerjaan [1]. Oleh karena itu, sektor pertanian berperan penting dalam kehidupan, pembangunan, dan perekonomian Indonesia. Untuk itu pestisida kimia menjadi salah satu jenis pestisida dari beberapa jenis pestisida lain yang efisien, efektif, dan dianggap menguntungkan secara ekonomi dalam mengendalikan Organisme Pengganggu Tanaman (OPT) sehingga kerugian hasil panen pada pertanian dapat diminimalkan [2]. Untuk meningkatkan produktivitas dan melindungi hasil panen dari Organisme Pengganggu Tanaman (OPT), penggunaan pestisida telah menjadi bagian tak terpisahkan dalam praktik pertanian. Pestisida, terutama jenis herbisida, berbahan aktif seperti *IPA Glyphosate* digunakan secara luas untuk mengendalikan gulma yang dapat menghambat pertumbuhan tanaman utama. Meskipun penggunaan pestisida ini memiliki berbagai manfaat dan kemudahan, penggunaan yang tidak bijak dan tidak tepat dapat menimbulkan dampak negatif terhadap kesehatan manusia, mikroorganisme non-target, serta lingkungan, termasuk pencemaran tanah dan air [3].

Herbisida merupakan senyawa kimia yang berfungsi untuk menghambat pertumbuhan atau membasmi tanaman pengganggu. Senyawa ini dapat bersifat beracun tidak hanya bagi gulma atau tumbuhan pengganggu, tetapi juga bagi tanaman lainnya [4]. Bahan aktif adalah komponen utama dalam formulasi pestisida yang berfungsi melindungi tanaman dari gangguan seperti hama, penyakit, dan gulma. Dalam pestisida, bahan aktif menentukan efektivitas produk dalam mengendalikan organisme pengganggu tanpa merusak tanaman utama. Pada herbisida yang berbahan aktif seperti *IPA Glyphosate*, bekerja secara spesifik menyerang metabolisme gulma, memungkinkan tanaman utama dapat tumbuh optimal.

Pengujian mutu produk pestisida perlu dilakukan guna memastikan bahwa produk tetap sesuai standar dan terjamin mutu produknya. Mulai dari proses produksi hingga mendapat izin untuk distribusi, keamanan dan kestabilan produk harus tetap terjaga. Penelitian ini bertujuan untuk memastikan bahwa kadar bahan aktif *IPA Glyphosate* dalam produk pestisida sesuai dengan spesifikasi standar yang telah ditetapkan. Beberapa parameter tersebut meliputi pengujian, kadar bahan aktif, linearitas, dan presisi dengan menggunakan alat Kromatografi Cair Kinerja Tinggi (HPLC). Di antara berbagai metode pemisahan yang ada, kromatografi merupakan metode pemisahan yang umum digunakan dan memiliki cakupan aplikasi yang luas. Prinsip kerja HPLC didasarkan pada perbedaan waktu setiap molekul dalam kolom kromatografi, yang bergantung pada tingkat polaritasnya [5]. Instrumen ini sangat ideal untuk pemisahan zat non-volatil, termasuk ion anorganik, dan senyawa yang tidak stabil secara termal, sehingga lebih dipilih dibandingkan kromatografi gas-cair (GLC). Metode ini memastikan bahwa herbisida memiliki kualitas yang sesuai, presisi tinggi, dan aman digunakan, sehingga dapat mendukung keberlanjutan sektor pertanian di Indonesia. Penambahan bahan aktif dalam formulasi pestisida perlu dilakukan sebaik mungkin agar memenuhi regulasi standar dan batas toleransinya sesuai Peraturan Menteri Pertanian Republik Indonesia Nomor 39/Permentan/SR.330/7/2015 dan tepat sasaran yakni Organisme Pengganggu Tanaman (OPT).

2. METODOLOGI

2.1 Metode

Penelitian dilakukan di laboratorium Pusat Promosi dan Sertifikasi Hasil Pertanian, Kota Jakarta Timur, DKI Jakarta. Untuk memastikan kualitas dan keamanan pestisida yang beredar di pasaran, diperlukan metode analisis yang akurat. Penelitian ini menggunakan Kromatografi Cair Kinerja Tinggi (HPLC) sebagai metode utama dalam pengujian kadar bahan aktif *IPA Glyphosate 480 SL*.

2.2 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan yaitu piknometer, neraca analitik, labu ukur 10 mL, labu ukur 5 mL, sonikator, pipet tetes, botol cokelat, mikro pipet 20-200 μL , mikro pipet 100 – 1000 μL , *vortex*, gelas kimia 50 mL, gelas kimia 1000 mL, gelas ukur 100 mL, wadah fase gerak, vial, dan alat Kromatografi Cair Kinerja Tinggi (HPLC) merk (*Waters Alliance e2695 Separations Module*). Bahan yang digunakan yaitu sampel produk pestisida, KH_2PO_4 , aquabidest, metanol, *ortho-phosporic acid* 85 %.

2.3 Preparasi Sampel

Sampel yang akan diuji terlebih dahulu diukur massa jenisnya. Selanjutnya, sampel yang sudah diukur massa jenisnya, ditimbang dengan menggunakan neraca analitik. Ditimbang sebanyak 100 mg sampel dalam labu ukur 10 mL, lalu dilakukan pelarutan dan pemipetan. Untuk pengujian ini *IPA Glyphosate* dengan pelarut aquabidest. Sampel diencerkan didalam labu ukur 10 mL dengan ditambahkan aquabidest secara sedikit demi sedikit sampai tanda batas didalam sonikator untuk menghindari adanya busa atau gelembung dan agar bisa lebih homogen. Setelah sampai tera dan dihomogenkan, selanjutnya lakukan pemipetan. Pipet yang digunakan untuk pemipetan standar dan sampel adalah mikropipet. Masukkan cairan ke dalam vial 1 μL dan *vortex* vial yang berisi cairan tersebut agar homogen.

2.4 Pembuatan Fase Gerak

Ditimbang KH_2PO_4 sebanyak 0,84 gram ke dalam beaker glass 1000 ml, lalu tambahkan 960 ml aquabidest dan 40 ml metanol. Campuran dari beaker glass tersebut dipindahkan ke dalam botol reagen. Homogenkan dengan sonikator selama 20 menit. Larutan fase gerak siap untuk digunakan.

2.5 Pengkondisian Alat HPLC

Alat pengujian yang digunakan yaitu HPLC (*Waters Alliance e2695 Separations Module*). Kolom yang digunakan yaitu *SphereClone C18* (250 x 4,6 mm, S-5 μm) dengan panjang kolom 250 mm, diameter 4,6 mm, ukuran partikel S-5 μm dengan S menunjukkan bahwa partikel di fase diam berbentuk bulat (*spherical*). Detektor yang digunakan yaitu detektor UV-Vis dengan panjang gelombang 205 nm. Laju alir yang digunakan yaitu 1,200 mL/menit. Volume injektor yang digunakan yaitu 10 μL . Pelarut yang digunakan adalah aquabidest. Dengan fase gerak berupa campuran larutan aquabidest : metanol (24:1). Larutan KH_2PO_4 sebagai larutan buffer atau penyangga, buffer berfungsi untuk menjaga kestabilan pH selama proses kromatografi, dilarutkan dengan Aquabidest : metanol, disesuaikan sampai pH 1,9 dengan *Ortho-phosporic acid* (Asam Fosfat) 85%. Waktu retensi yaitu 8,0 – 9,0 menit. Pengkondisian alat dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Pengkondisian Alat HPLC

Parameter	Spesifikasi
Kolom	SphereClone C18 (250 x 4,6 mm, S-5 μm)
Detektor	UV, λ 205 nm
Laju alir	1,200 mL/menit
Injektor	10 μL
Pelarut	Aquabidest
Fase gerak	KH_2PO_4 yang dilarutkan dengan aquabidest : metanol, disesuaikan sampai pH 1,9 dengan <i>Ortho-phosporic acid</i> (Asam Fosfat) 85%
Waktu Retensi	8,0-9,0 menit

2.6 Rumus Perhitungan

Uji Linearitas

Dilakukan perhitungan untuk menghasilkan persamaan kalibrasi antara konsentrasi standar *Glyphosate* ([Std]) dan area hasil deteksi HPLC. Hasil Plot adalah kurva linear yang dinyatakan sebagai $y = bx + a$, dimana r^2 sebagai determinan linearitas [6]. Persamaan Regresi Linear sebagai berikut:

$$y = bx - a \quad (1)$$

Keterangan:

- y : Area deteksi (output dari HPLC)
- x : Konsentrasi *Glyphosate* ($\mu\text{g/ml}$)
- b : Slope
- a : Intercept
- R^2 : Koefisien Determinasi

Uji Presisi

Jika pengulangan pengujian dilakukan secara duplo maka presisi ditentukan berdasarkan nilai perbedaan persentase relatif (*relative percent different*, (%RPD), dengan persamaan sebagai berikut:

$$\%RPD = \frac{\Delta x}{\bar{x}} \times 100\% \quad (2)$$

Keterangan:

- %RPD : Perbedaan presentase relative
- Δx : Hasil pengujian pertama (simplo) - hasil pengujian kedua (duplo)
- \bar{x} : Rerata hasil perhitungan

Kadar Bahan Aktif *IPA Glyphosate*

Adapun perhitungan penentuan kadar bahan aktif *IPA Glyphosate* dengan persamaan sebagai berikut:

$$[\text{Sampel}] \text{ ug/ml} = \frac{\text{Area sampel} - b}{a} \quad (3)$$

$$\text{Kadar Glyphosate} = \frac{X \text{ contoh} \times FP}{W \text{ contoh}} \times \frac{BM \text{ contoh}}{BM \text{ Standar}} \times Bj \quad (4)$$

Keterangan:

- X : Konsentrasi
- W : Bobot Penimbangan Contoh
- FP : Faktor pengenceran
- Bj : Berat jenis
- BM : Berat Molekul

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian mutu bahan aktif *IPA Glyphosate* 480 SL bertujuan untuk memastikan konsentrasi dan kemurnian bahan aktif dalam produk pestisida sesuai dengan spesifikasi yang ditentukan oleh perusahaan yang mengirim sampel maupun oleh peraturan pemerintah. Kromatografi Cair Kinerja Tinggi (HPLC) digunakan untuk menganalisis kandungan bahan aktif *IPA Glyphosate* dalam sampel pestisida. HPLC merupakan metode yang sangat sensitif dan akurat untuk analisis kuantitatif bahan kimia dalam sampel cair. Metode ini memungkinkan pemisahan komponen dalam sampel berdasarkan interaksi mereka dengan kolom dan pelarut yang digunakan dalam sistem HPLC, sehingga bisa mengukur kandungan bahan aktif dengan tepat.

Bahan aktif *IPA Glyphosate* ada dalam formulasi pestisida seperti *IPA Glyphosate* 480 SL untuk memberikan kemampuan membasmi gulma secara efektif, bahkan untuk gulma dengan akar yang dalam atau sulit dikendalikan. Angka 480 SL pada nama produk merujuk pada konsentrasi bahan aktif dalam larutan, yaitu 480 gram per liter dalam bentuk *soluble liquid* (SL). SL merupakan kode yang menunjukkan bahwa pestisida mudah larut dalam air dan tidak meninggalkan bekas. Konsentrasi ini dirancang untuk memastikan efisiensi dalam aplikasi dengan memberikan dosis yang tepat untuk

membasmi gulma tanpa membahayakan tanaman non-target atau lingkungan jika digunakan sesuai petunjuk.

Pengujian mutu ini meliputi beberapa parameter analisis, diantaranya yakni presisi, linearitas, kadar bahan aktif pada produk. Data yang diperoleh dianalisis untuk menentukan kesesuaian kadar bahan aktif dalam sampel terhadap standar yang ditetapkan oleh Peraturan Menteri Pertanian Republik Indonesia Nomor 39/Permentan/SR.330/7/2015. Hasil kemudian dibandingkan dengan nilai standar untuk menilai apakah pestisida yang diuji memenuhi persyaratan mutu yang telah ditetapkan.

3.1 Uji Linearitas

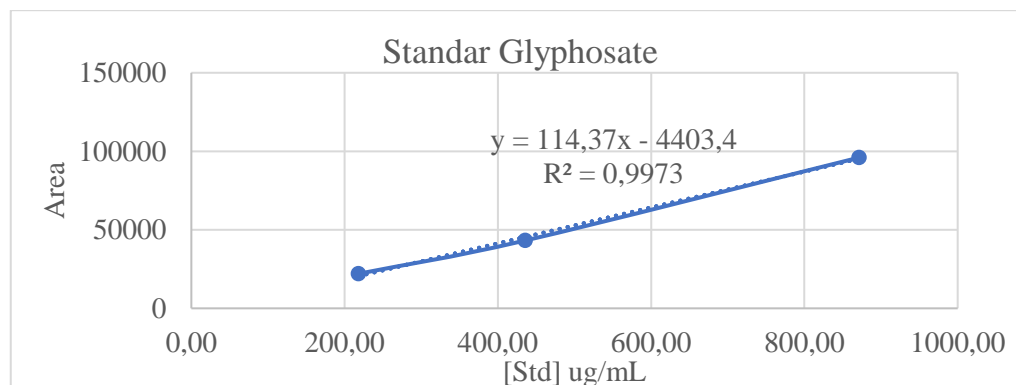
Linearitas merupakan kemampuan suatu metode analisis untuk menghasilkan sinyal (respons) yang sebanding dengan perubahan konsentrasi analit dalam sampel dalam rentang yang ditentukan [7]. Parameter yang menunjukkan adanya hubungan yang linear dibuktikan dengan menggunakan koefisien determinasi (R^2) pada regresi linear dengan persamaan $y = a + bx$, di mana y adalah luas area deteksi, a adalah *intercept*, b adalah *slope*, dan x adalah konsentrasi. Koefisien determinasi atau R^2 adalah suatu nilai yang menggambarkan besar perubahan atau variabel dari variabel terikat bisa dijelaskan oleh perubahan atau variabel dari variabel bebas [8].

Keeratan hubungan linear antara konsentrasi (variabel bebas) dan hasil pengukuran pengujian (variabel terikat) dinyatakan berdasarkan nilai koefisien determinasi. Koefisien determinasi memiliki rentang nilai antara 0 hingga 1. Semakin mendekati 1, artinya variabel independen memberikan *hamper* seluruh informasi yang diperlukan untuk memperkirakan variabel dependen. Sebaliknya, semakin kecil, artinya semakin terbatas kemampuan variabel independen dalam menjelaskan variabel dependen [9]. Pengujian linearitas pada pengujian mutu bahan aktif *IPA Glyphosate* dengan beberapa tingkat konsentrasi standar yaitu seperti pada Tabel 2 di bawah ini:

Tabel 2. Standar *Glyphosate*

No	[Std] ppm	[Std] ug/ml	Area
1	200	217,78	21990
2	400	435,56	43185
3	800	871,13	95973
	<i>Slope</i>		114,37x
	<i>Intercept</i>		- 4403,45
	R^2		0,9973

Hubungan antara konsentrasi standar dan area deteksi pada HPLC bersifat linear dalam kondisi ideal. Semakin tinggi konsentrasi senyawa dalam larutan standar, semakin banyak molekul yang terdeteksi oleh detektor, sehingga luas area di bawah puncak kromatogram meningkat. Pengujian linearitas menggunakan beberapa tingkat konsentrasi standar seperti terlihat pada Tabel 2. Kurva hasil uji linearitas dapat dilihat pada Gambar 1. sebagai berikut:



Gambar 1. Kurva Hasil Uji Linearitas

Berdasarkan Gambar 1, dapat disimpulkan bahwa persamaan regresi linear yang diperoleh dari pengujian linearitas *Glyphosate* adalah $y = 114,37x - 4403,45$. Nilai intercept (a) sebesar -44035,45, nilai slope (b) sebesar 114,37, dan nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,9973 yang berarti mendekati 1, menunjukkan bahwa kenaikan luas area berhubungan kuat terhadap kenaikan konsentrasi standar *glyphosate*. Nilai (R^2) positif menunjukkan bahwa hubungan konsentrasi *Glyphosate* dan luas area berbanding lurus, artinya ketika konsentrasi standar *Glyphosate* naik maka luas areanya juga akan naik. Berdasarkan data yang didapatkan maka nilai r hasil pengujian memenuhi syarat keberterimaan yaitu $\geq 0,99$ yang mengacu pada CIPAC 3807 [10].

3.2 Presisi

Pengujian presisi atau kecermatan dilakukan untuk mengukur seberapa dekat atau sesuai hasil satu dengan yang lainnya pada serangkaian pengujian, dimana pengukurannya dengan menetapkan keterulangan percobaan yang dilakukan oleh analis dalam kondisi, waktu, dan laboratorium yang sama [11]. Uji presisi dilakukan secara keterulangan (*repeatability*), yaitu keseragaman suatu metode ketika dilakukan berulang kali oleh analis yang sama, dalam kondisi serupa, dan dalam rentang waktu singkat [12]. Pengujian *repeatability* dilakukan menggunakan sampel herbisida yang telah dipreparasi ke dalam labu ukur kemudian diukur zat aktifnya dengan 2 kali pengulangan (duplo). Presisi dari hasil pengukuran ini digambarkan dalam bentuk persentase *Relative percent different* (%RPD). Analisis ini bertujuan untuk mengevaluasi konsistensi hasil yang diperoleh oleh analis menggunakan metode dan peralatan uji tertentu. Nilai *Relative percent different* (RPD) dinyatakan dalam persen. Jika pengulangan dilakukan secara duplo, maka presisi ditentukan berdasarkan perbedaan persentase relatif (*relative percent different*) (%RPD), yaitu:

$$\%RPD = \frac{493,40 - 504,99}{499,19} \times 100\%$$

$$\%RPD = 2,3\%$$

Sehubungan dengan pengulangan dilakukan dalam kondisi reipabilitas, maka batas keberterimaan yaitu:

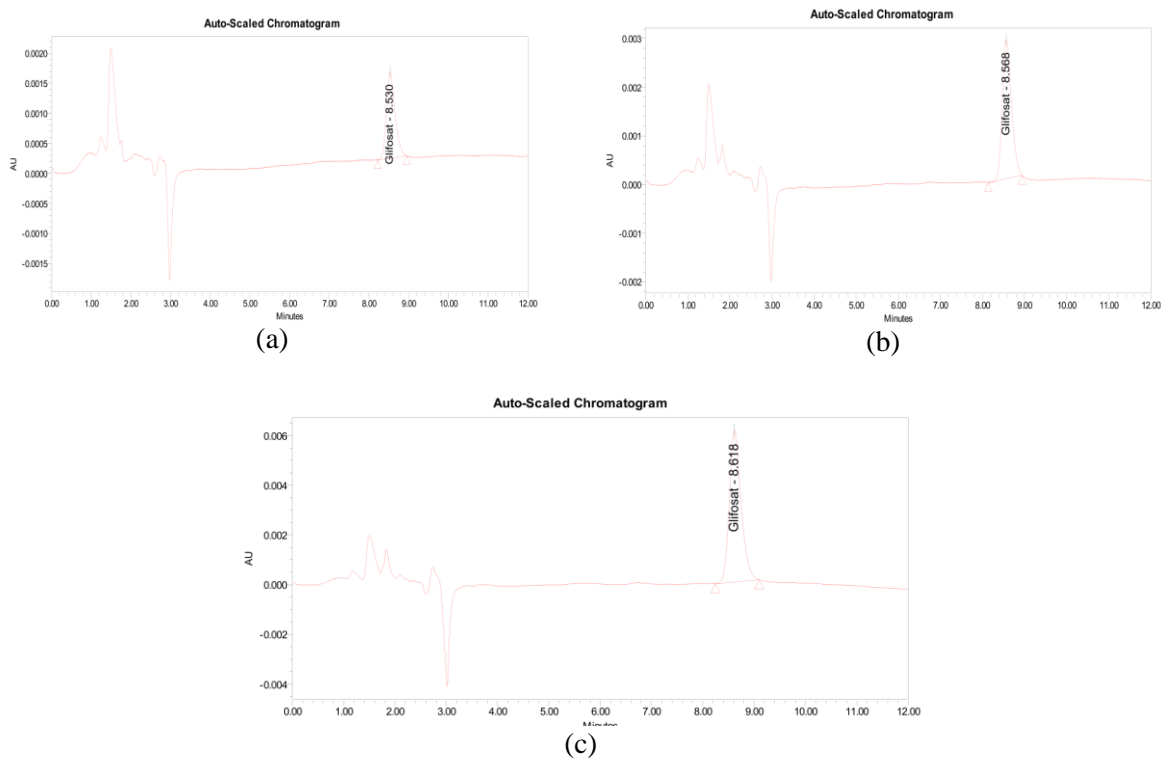
$$0,5 \times CV_{\text{Horwitz}} = 0,5 \times 2^{(1-0,5 \log C)} = 0,5 \times 2^{(1-0,5 \log [499,19 \times 10^{-6}])} = 3,14\%$$

Nilai %RPD yang telah diperoleh dibandingkan dengan nilai *Coefficient Variance Horwitz* (CV Horwitz), yang merupakan tetapan untuk menunjukkan bahwa koefisien variasi dari data yang diperoleh dapat diterima. CV Horwitz memberikan nilai acuan yang memungkinkan laboratorium menentukan apakah hasil uji presisi memenuhi kriteria keberterimaan dan penggunaannya secara luas menjadikannya acuan global yang dapat diterima di berbagai sektor, termasuk industri pangan, farmasi, lingkungan, dan kimia. Nilai %RPD harus lebih kecil dari 0,5 CV Horwitz dikarenakan untuk memenuhi syarat

keberterimaan presisi. Karena $2,3\% \leq 3,14\%$ terpenuhi maka hasil rerata pengulangan tersebut dapat dikatakan telah memenuhi syarat keberterimaan tersebut.

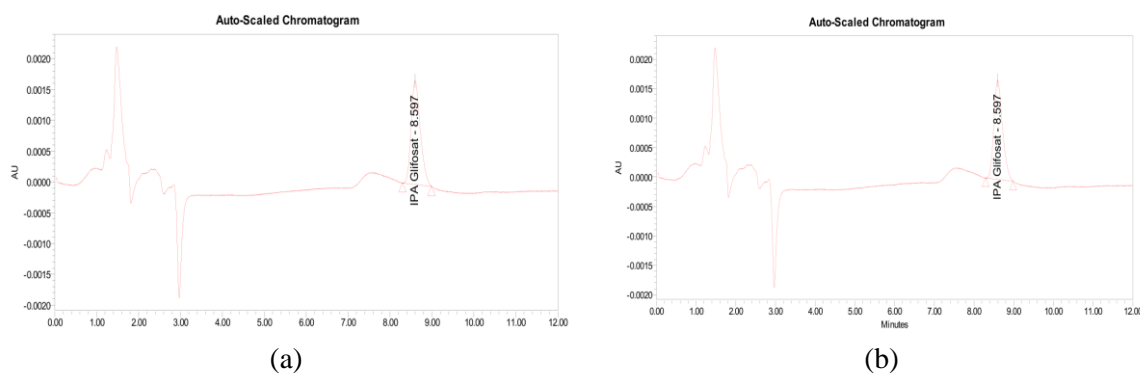
3.3 Kadar Bahan Aktif IPA *Glyphosate*

Penentuan kadar formulasi bahan aktif *IPA Glyphosate* dalam produk pestisida dianalisis secara kuantitatif menggunakan Kromatografi Cair Kinerja Tinggi (HPLC). Pelarut yang digunakan didasarkan pada kemampuannya dalam melarutkan bahan aktif, pelarut yang digunakan yaitu aquabidest. Pemilihan aquabidest sebagai pelarut yang bersifat polar karena kesesuaiannya dengan sifat sampel yang polar. Selain itu, pelarut aquabidest lebih disukai karena cocok untuk pestisida yang bersifat polar, memiliki toksisitas rendah, lebih murni, dan biayanya murah. Dalam pengujian ini, fase gerak yang digunakan adalah aquabidest dan metanol dengan perbandingan 24:1 (aquabidest 960 mL dan metanol 40 mL) secara isokratik. Sistem isokratik dalam proses pemisahan menggunakan pelarut dengan komposisi yang tetap dan konstan sepanjang proses [13]. Hal ini karena metanol dan air memiliki sifat polar dan analit juga bersifat polar sehingga mudah terlarut bersama fase gerak. Larutan KH_2PO_4 yang dilarutkan dengan aquabidest : metanol, disesuaikan sampai pH 1,9 dengan *Ortho-phosphoric acid* (Asam Fosfat) 85%. Perubahan pH dapat mempengaruhi waktu retensi dari komponen yang dianalisis, senyawa *ortho-phosphoric acid* adalah asam kuat yang efektif dalam menurunkan pH larutan dengan cepat. Fase diam atau kolom yang digunakan adalah kolom C-18, kolom ini menggunakan kolom fase terbalik, fase diam yang digunakan bersifat non-polar dan fase geraknya bersifat polar. Detektor yang digunakan adalah UV dengan panjang gelombang 205 nm. laju alir 1,200 mL/menit, volume injeksi 10 μL dirancang untuk memberikan hasil analisis yang cepat, sensitif, dan akurat. Hasil dari detektor UV pada HPLC berupa kromatogram, yaitu grafik yang menunjukkan hubungan antara intensitas sinyal detektor (sumbu y) dengan waktu retensi (sumbu x). Adapun hasil kromatogram dari pengujian standar *Glyphosate* dan pengujian bahan aktif *IPA Glyphosate* dalam sampel pestisida. Dibawah ini merupakan hasil kromatogram pengujian standar *Glyphosate* menggunakan HPLC terlihat pada Gambar 2 sebagai berikut:



Gambar 2. (a) Kromatogram Standar *Glyphosate* 200 ppm; (b) Kromatogram Standar *Glyphosate* 400 ppm; (c) Kromatogram Standar *Glyphosate* 800 ppm

Pada ketiga gambar kromatogram diatas, menunjukkan hasil analisis standar *Glyphosate* dengan menggunakan HPLC untuk mendeteksi senyawa bahan aktif *IPA Glyphosate*. Gambar (a) Standar 200 ppm waktu retensi 8.530 menit, Gambar (b) Standar 400 ppm terlihat waktu retensi 8.568 menit, dan Gambar (c). Standar 800 ppm terlihat waktu retensi 8.618 menit. Waktu retensi ini menunjukkan waktu yang dibutuhkan senyawa *Glyphosate* untuk melewati kolom dan terdeteksi oleh detektor. Waktu retensi adalah waktu yang diperlukan senyawa untuk melewati kolom hingga terdeteksi oleh detektor. Ketiga kromatogram menunjukkan puncak utama pada waktu retensi sekitar 8,5 hingga 8,6 menit, ini mengindikasikan bahwa senyawa *Glyphosate* terdeteksi secara konsisten di setiap pengujian. Waktu retensi (*Retention time*) inilah yang akan dijadikan acuan penentuan peak *IPA Glyphosate* pada sampel. Kekuatan interaksi antara material kolom dan komponen sampel memengaruhi lamanya waktu retensi [14]. Luas area puncak kemudian digunakan untuk menentukan konsentrasi senyawa dalam sampel dengan menggunakan persamaan regresi linear dari kurva kalibrasi. Standar ini diperoleh dari larutan standar stok *Glyphosate*, yang ditimbang dari standar baku *Glyphosate* yang diketahui kemurniannya sebesar 98%. Oleh karena itu, *Glyphosate* murni ditimbang untuk menghasilkan larutan standar stok dengan konsentrasi 1000 ppm. Acuan awal yang digunakan adalah kadar zat aktif, kemudian ditentukan konsentrasi terendah dan tertinggi yang mungkin terdapat dalam sampel, lalu dilakukan validasi. Fungsi standar adalah untuk penentuan konsentrasi, dengan membandingkan hasil analisis sampel terhadap standar, konsentrasi bahan aktif *IPA Glyphosate* dalam produk dapat dihitung. Selanjutnya kromatogram hasil pengujian bahan aktif *IPA Glyphosate* dalam sampel produk pestisida terlihat pada kromatogram seperti pada Gambar 3 dibawah ini:



Gambar 3. (a) Kromatogram sampel 045-1; (b) Kromatogram sampel 045-2

Sampel muncul pada waktu retensi 8.597 menit dan 8.633 menit dimana waktu retensi ini sama dengan waktu retensi *Glyphosate* standar. Jika waktu retensi target dalam kromatogram sampel sesuai dengan waktu retensi dalam kromatogram yang diperoleh dari senyawa acuan yang diukur dalam kondisi sama (toleransi $\pm 1\%$, maksimum 10) [15]. Hubungan standar dengan sampel yaitu mengidentifikasi senyawa dalam sampel seperti waktu retensi senyawa dalam sampel dibandingkan dengan waktu retensi standar. Jika waktu retensinya sama atau mendekati, maka senyawa dalam sampel diasumsikan sama dengan standar. Sebelum waktu retensi *IPA Glyphosate*, terdapat beberapa puncak kecil yang menunjukkan kemungkinan keberadaan senyawa minor atau pengotor dalam sampel. Hasil data pengukuran *IPA Glyphosate* pada sampel dapat dilihat pada Tabel 3 dibawah ini.

Tabel 3. Hasil Pengujian Mutu Bahan Aktif *IPA Glyphosate* Dalam Produk Pestisida

Ulangan	Bobot (mg)	Luas Area	[sampel] (g/L)	Rata-rata (g/L)
045-1	102,6	25501	493,39	499,19
045-2	111,2	28770	504,99	

Berdasarkan hasil rerata kadar tersebut diperoleh kadar yang tidak tepat 480 g/L, hal ini bisa saja dapat dipengaruhi oleh berbagai faktor, seperti adanya kesalahan yang tak terduga saat formulasi, dan kemungkinan lainnya termasuk dari instrumen yang digunakan. Meskipun kadar yang diperoleh tidak tepat 480 g/L, masih ada nilai batas toleransi yang diperkenankan yakni sebesar 456 g/L – 504 g/L. Batasan toleransi diperoleh dari Peraturan Menteri Pertanian Republik Indonesia Nomor 39/Permentan/SR.330/7/2015 tentang Pendaftaran Pestisida yang apabila kadar bahan aktif dalam sampel dinyatakan dalam rentang $250 < \text{[Bahan Aktif]} < 500$ (g/L), maka batas toleransinya sebesar $\pm 5\%$ dari kadar bahan aktifnya, sehingga diperoleh rentang 456 g/L – 504 g/L [16]. Dengan konsentrasi yang sesuai, pestisida akan memberikan manfaat maksimal dalam mengendalikan gulma tanpa merugikan pengguna, lingkungan, atau tanaman non-target. Jika kadar bahan aktif melebihi spesifikasi, dapat menyebabkan keracunan tanaman, residu berlebih pada hasil panen yang dapat mengancam keamanan pangan, serta pencemaran lingkungan yang membahayakan organisme non-target. Sebaliknya, jika terlalu rendah, efektivitas pestisida menurun, sehingga pengendalian hama atau gulma tidak optimal. Dengan demikian, penting untuk memastikan kadar bahan aktif sesuai dengan standar yang ditetapkan untuk menjaga keamanan, efektivitas, dan dampak lingkungan yang minimal. Pengujian seperti menggunakan metode analisis HPLC, menjadi langkah penting dalam memastikan kualitas produk pestisida sesuai dengan persyaratan yang ditentukan.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis pengujian mutu yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa pengujian mutu kadar bahan aktif aktif *IPA Glyphosate* 480 SL dalam sampel produk pestisida menunjukkan linearitas koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,9973 yang sesuai pada CIPAC 3807 bahwa mendekati 1. Presisi digambarkan dalam bentuk persentase *Relative percent different* (%RPD) didapatkan hasil 2,3%, memenuhi syarat karena $\leq 3,14\%$ (CV Horwitz) terpenuhi. Dan pada pengujian kadar bahan aktif *IPA Glyphosate* didapatkan hasil sebesar 499,19 g/L atau 499,19 SL. Dengan demikian, hasil pengujian mutu kadar bahan aktif *IPA Glyphosate* ini dinyatakan telah memenuhi syarat keberterimaan Batasan toleransi dari Peraturan Menteri Pertanian Republik Indonesia Nomor 39/Permentan/SR.330/7/2015, batas toleransinya sebesar $\pm 5\%$ dari kadar bahan aktifnya, sehingga diperoleh rentang 456 g/L – 504 g/L. Meskipun hasil pengujian memenuhi standar, tantangan industri tetap ada, seperti variasi formulasi dan stabilitas produk tetap perlu dikendalikan melalui *Quality Control* (QC) dan *Quality Assurance* (QA) yang ketat untuk menjaga kualitas pestisida.

UCAPAN TERIMA KASIH

Kami mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan kesempatan, dukungan, dan bimbingan dalam proses pengerjaan hingga penerbitan jurnal ini. Terima kasih kepada Fakultas Teknik Universitas Bhayangkara Jakarta Raya atas fasilitas dan sumber daya yang diberikan, serta kepada para pembimbing, rekan sejawat, dan semua pihak yang telah berkontribusi dalam penelitian ini. Semoga jurnal ini dapat bermanfaat bagi perkembangan ilmu pengetahuan dan penelitian di masa depan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Badan Pusat Statistik. (2021). “Mencatat Pertanian Indonesia”. Diakses pada 27 Desember 2024, <<https://www.bps.go.id/id/news/2021/12/18/446/mencatat-pertanian-indonesia.html>>
- [2] Sumiati A., & Julianto R.P.D., (2018). “Analisa Residu Pestisida di Wilayah Malang dan Penanggulannya Untuk Keamanan Pangan Buah Jeruk”, *Jurnal Buana Sains*, 18(2):123-130
- [3] Yuantari, M.GC., Widianarko B., & Sunoko H.R., (2015). “Analisis Risiko Paparan Pestisida Terhadap Kesehatan Petani”, *Jurnal Kesehatan Masyarakat*, 10(2):239-245

- [4] Emilia, I., Setiawan, A.A., & Mutiara M.D., (2020). “Uji Toksisitas Akut Herbisida Sintetik Ipa Glifosat Terhadap Mortalitas Benih Ikan Lele Sangkuriang (*Clarias gariepinus*)”, *Sainmatika: Jurnal Ilmiah Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam*, Volume 17 No. 2
- [5] M. T. Djuetea, A. Sabarudin, and H. Sulistyarti, “Optimasi Metode Analisis Pestisida Diazinon dan Klorantraniliprol menggunakan Kromatografi Cair Kinerja Tinggi (KCKT)”.
- [6] Ermer, J. dan Miller, H.M., (2005). *Method Validation in Pharmaceutical Analysis. A Guide To Best Practice*. WILEY-VCH Verlag GmbH & Co.KGAA, Weinheim.
- [7] National Association of Testing Authorities (Nata). (2018). *General Accreditation Guidance-Validation and Verification of Quantitative and Qualitative Test Methode*. Commonwealth of Australia.
- [8] Kurniawan, A., (2019). “Pengolahan Riset Ekonomi Jadi Mudah Dengan IBM SPSS”. Surabaya: Jakad Publishing.
- [9] Ghozali, I., (2016). “Aplikasi Analisis Multivariete Dengan Program IBM SPSS 23”. Edisi 8. Semarang: Badan Penerbit Universitas Diponegoro.
- [10] CIPAC. (2003). “Guidelines on method validation to be performed in support of analytical methods for agrochemical formulations”. *Collaborative International Pesticides Analytical Council*. Document No. 3807
- [11] Maryati S., (2011). “Verifikasi dan Evaluasi Penerapan Metode Uji Cemaran Arsen Dalam Makanan Secara Spektrofotometri”. Berita Litbang Industri.
- [12] Riyanto. (2014). ”Validasi dan Verifikasi Metode Uji Sesuai dengan ISO/IEC 17025 Laboratorium Pengujian dan Kalibrasi”. Yogyakarta: Deepublish
- [13] Mulidini, et al. (2023). “Analisis dan Validasi Obat Metformin Dalam Plasma Manusia Menggunakan Metode HPLC”, *Journal of Pharmaceutical and Sciences*, Vol. 6
- [14] Angraini, N., Desmaniar, P., (2020). “Optimasi penggunaan High Performance Liquid Chromatography (HPLC) untuk analisis asam askorbat guna menunjang kegiatan Praktikum Bioteknologi Kelautan”, *Jurnal Penelitian Sains* 22. Universitas Sriwijaya
- [15] Rancangan Standar Nasional Indonesia 3 (RSNI3). (2022). “Kualitas tanah -Penetapan pestisida organoklorin melalui kromatografi gas dengan deteksi selektif massa (GC-MS) dan kromatografi gas dengan deteksi penangkap elektron (GC-ECD)”. Ditetapkan oleh BSN
- [16] Peraturan Menteri Pertanian. (2015). Peraturan Menteri Pertanian Republik Indonesia Nomor 39/Permentan/SR.330/7/2015 tentang Pendaftaran Pestisida