

PERHITUNGAN NILAI PARAMETER KELARUTAN *HILDEBRAND* PELARUT CAMPURAN ORGANIK DALAM EKSTRAKSI BITUMEN

Galih Pamungkas Indragiri, Zakijah Irfin, Dwina Moentamaria, Eko Naryono

Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Malang, Jl. Soekarno Hatta No. 9, Malang 65141, Indonesia

galihpamungkasindragiri02@gmail.com ; zakijah.irfin@polinema.ac.id

ABSTRAK

Pemilihan pelarut dalam ekstraksi bitumen berdasarkan nilai rendemen yang dihasilkan menghabiskan biaya besar dan proses panjang. Pelarut yang belum banyak digunakan adalah pelarut campuran organik. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan kemampuan pelarut campuran organik serta mencari formulasi pelarut yang sesuai untuk ekstraksi bitumen. Penentuan formulasi ini menggunakan parameter kelarutan *hildebrand* yang berfungsi untuk mendapatkan indeks kelarutan yang mendekati dengan bitumen asbuton yang akan diekstrak dengan berbasis pada pelarut campuran organik untuk cat yaitu *thinner*. Formulasi ini mengacu pada pemilihan bahan organik dengan campuran *low boiling point* 10-30%, *medium boiling point* 25-45%, *high boiling point* 45-60%. Dengan acuan tersebut dalam penelitian ini menggunakan formula $60^{[T]}:30^{[PA]}:10^{[EP]}$, $55^{[T]}:35^{[PA]}:10^{[EP]}$, $45^{[T]}:45^{[PA]}:10^{[EP]}$, $60^{[T]}:25^{[PA]}:15^{[EP]}$, $50^{[T]}:30^{[PA]}:20^{[EP]}$, $55^{[T]}:30^{[PA]}:15^{[EP]}$, dan $55^{[T]}:25^{[PA]}:20^{[EP]}$ dimana [T] adalah toluen, [PA] adalah propil asetat, dan [EP] adalah etil propionat. Nilai parameter tersebut dihitung menggunakan Ms. Excel. Nilai parameter kelarutan *hildebrand* formula tersebut adalah 18,0401; 17,9919; 17,8779; 18,0472; 17,9505; 18,0024; dan 18,0010 MPa^{0.5} berturut-turut. Pelarut campuran organik dari toluen, propil asetat dan etil propionat dapat melarutkan bitumen dari asbuton. Formula komposisi yang memiliki kedekatan nilai parameter kelarutan *Hildebrand* dengan bitumen 19,1502 MPa^{0.5} adalah $60^{[T]}:25^{[PA]}:15^{[EP]}$ sebesar 18,0472 MPa^{0.5}.

Kata kunci: *hildebrand, pelarut organik, bitumen*

ABSTRACT

Single solvents in bitumen separation have been widely studied, but not with organic mixed solvents. Research on this matter can increase knowledge. This study aims to determine the ability of organic mixed solvents and find a suitable solvent formulation for bitumen extraction. The determination of this formulation uses the hildebrand solubility parameter which functions to obtain a solubility index that is close to the asbuton bitumen to be extracted based on a mixed organic solvent for paint, namely thinner. This formulation refers to the selection of organic materials with a mixture of low boiling point 10-30%, medium boiling point 25-45%, high boiling point 45-60%. With this reference, this study used the formula $60^{[T]}:30^{[PA]}:10^{[EP]}$, $55^{[T]}:35^{[PA]}:10^{[EP]}$, $45^{[T]}:45^{[PA]}:10^{[EP]}$, $60^{[T]}:25^{[PA]}:15^{[EP]}$, $50^{[T]}:30^{[PA]}:20^{[EP]}$, $55^{[T]}:30^{[PA]}:15^{[EP]}$, and $55^{[T]}:25^{[PA]}:20^{[EP]}$ where [T] is toluene, [PA] is propyl acetate, and [EP] is ethyl propionate. The parameter values are calculated using MS. Excel. The hildebrand solubility parameter values of the formulas are 18.0401; 17.9919; 17.8779; 18.0472; 17.9505; 18.0024; and 18.0010 MPa^{0.5} respectively. Organic mixed solvents of toluene, propyl acetate and ethyl propionate can dissolve bitumen from asbuton. The composition formula that has the closest hildebrand solubility parameter value to bitumen 19.1502 MPa^{0.5} is $60^{[T]}:25^{[PA]}:15^{[EP]}$ of 18.0472 MPa^{0.5}.

Keywords: *hildebrand, organic solvent, bitumen*

Corresponding author: Zakijah Irfin

Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Malang

Jl. Soekarno-Hatta No. 9, Malang 65141, Indonesia

E-mail: zakijah.irfin@polinema.ac.id



1. PENDAHULUAN

Parameter kelarutan *hildebrand* merupakan salah satu indeks parameter kelarutan yang telah banyak digunakan. Pengukuran parameter *hildebrand* didasarkan pada densitas energi kohesif dan digunakan untuk mengidentifikasi gaya antarmolekul pada dua larutan berbeda [1]. Nilai yang dihasilkan telah digunakan dalam pemilihan pelarut pada ekstraksi gingerol dan oleoresin [2–4], serta pelarut alternatif pengganti ethanol dalam formulasi obat [5]. Nilai tersebut dalam pemilihan eksipien pada formulasi amorf dan identifikasi perubahan basis gigi tiruan resin akrilik polimerisasi panas pada minuman tuak juga telah dimanfaatkan sebagai data pendukung pada penelitian tersebut [6,7]. Namun, peran indeks parameter kelarutan *hildebrand* belum banyak digunakan pada penelitian mengenai pemisahan bitumen dari batuan asbuton untuk mencari pelarut yang sesuai. Parameter yang banyak digunakan yaitu berdasar pada rendemen bitumen atau nilai recovery yang didapatkan setelah proses pemisahan. Proses tersebut memakan waktu yang cukup lama serta biaya yang cukup besar.

Pelarut tunggal dalam penelitian tentang ekstraksi bitumen dari batuan asbuton telah banyak digunakan. Rizal (2016) memisahkan bitumen dari batuan asbuton menggunakan pelarut nafta dan kerosin. Rendemen bitumen yang didapatkan maksimal 16,50% dari 30,08% kandungan bitumen dalam batuan asbuton [8]. Sedangkan menurut Sui, dkk (2016), 75,40% dari 100,00% recovery bitumen didapatkan menggunakan pelarut heksana, heptana, sikloheksana dan toluen [9]. Indeks parameter kelarutan *hildebrand* untuk pelarut tunggal telah digunakan dalam pemisahan bitumen. Nilai dari indeks tersebut memiliki hubungan kira kira sama dengan nilai rendemen dan recovery bitumen yang didapatkan. Tetapi, pengaruh indeks parameter kelarutan *hildebrand* pelarut campuran dalam pemisahan bitumen belum banyak diketahui. Penelitian mengenai kemampuan pelarut campuran dan nilai parameter kelarutan *hildebrand*nya pada pemisahan bitumen dari batuan asbuton dapat menambah pengetahuan dalam pemilihan pelarut dalam proses pemisahan tersebut.

Tujuan dari penelitian ini adalah menentukan kemampuan pelarut campuran organik serta mencari formulasi pelarut yang sesuai untuk ekstraksi bitumen dari asbuton berdasarkan parameter kelarutan *hildebrand*. Penelitian ini dapat berfungsi sebagai penelitian awal pada penelitian mengenai pemisahan bitumen menggunakan pelarut campuran. Formula komposisi dan bahan penyusun pelarut campuran organik didasarkan menurut karakteristik pelarut cat yaitu *thinner* [10]. MS. Excel digunakan untuk mempermudah perhitungan. Hasil perhitungan ditampilkan dalam bentuk tabel untuk mempermudah pemilihan formulasi komposisi dari pelarut campuran organik yang berkemampuan besar dalam pemisahan bitumen dari batuan asbuton.

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1. Pengumpulan Data

Data yang diperlukan untuk menunjang perhitungan adalah nilai parameter kelarutan *hildebrand* dari bahan-bahan pelarut campuran organik. Data lain yang diperlukan adalah fraksi volume dari masing-masing bahan dan volume total dari pelarut campuran organik yang mengacu pada formula dari *thinner*.

2.2. Metode Perhitungan

Nilai parameter kelarutan *hildebrand* pelarut campuran organik didapatkan secara kuantitatif menggunakan beberapa persamaan berikut :

$$\delta_{mix} = \frac{x_1 V_{m1} \delta_1 + x_2 V_{m2} \delta_2 + x_3 V_{m3} \delta_3}{x_1 V_{m1} + x_2 V_{m2} + x_3 V_{m3}} \quad (1)$$

dimana :

δ_{mix} = Nilai parameter kelarutan *hildebrand* pelarut campuran organik (MPa)^{1/2}
 x_1, x_2, x_3 = Fraksi volume masing-masing bahan pelarut campuran organik
 V_{m1}, V_{m2}, V_{m3} = Volume molar masing-masing bahan pelarut campuran organik (L/mol)
 $\delta_1, \delta_2, \delta_3$ = Nilai parameter kelarutan *hildebrand* masing-masing bahan pelarut campuran organik (MPa)^{1/2}

$$V = n \cdot V_m \quad (2)$$

Dimana :

V = Volume masing-masing bahan pelarut campuran organik (L)
 n = Jumlah mol masing-masing bahan pelarut campuran organik (mol)
 V_{m1} = Volume molar masing-masing bahan pelarut campuran organik (L/mol)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Konsep parameter kelarutan *hildebrand* berhubungan dengan energi internal pelarut dan zat terlarut. Parameter kelarutan *hildebrand* (δ) didefinisikan sebagai akar kuadrat dari energi kohesif (CED) [10,11]. Energi tersebut menentukan energi yang dibutuhkan untuk melepaskan molekul senyawa-senyawa yang saling berkontak. Energi pelepasan tersebut diartikan sebagai perubahan energi selama proses penguapan (ΔU_{vap}) setiap volume molar (V_m) yang sama dengan akar kuadrat selisih dari panas penguapan (ΔH_{vap}) dengan konstanta gas ideal (R) dan suhu (T) setiap volume molar. Konsep tersebut dirangkum dalam Persamaan (3) [12–14].

$$CED^{\frac{1}{2}} = \delta = \left(\frac{\Delta U_{vap}}{V_m} \right)^{\frac{1}{2}} = \left(\frac{\Delta H_{vap} - RT}{V_m} \right)^{\frac{1}{2}} \quad (3)$$

Hansen (2007) menggunakan konsep tersebut untuk menghitung nilai parameter kelarutan dari beberapa pelarut [15]. Hasil dari perhitungan tersebut ditampilkan dalam Tabel 1. Tabel nilai parameter kelarutan *hildebrand* tersebut digunakan sebagai referensi dalam pemilihan pelarut dalam proses pemisahan solut dari padatan, salah satunya adalah pemisahan bitumen dari batuan asbuton menggunakan pelarut campuran organik seperti *thinner*. Berdasarkan penelitian dari Xu, dkk. (2019), pelarut-pelarut yang dapat digunakan sebagai bahan pembuatan *thinner* adalah propil asetat dan etil propionat [16]. Menurut Rio, dkk.(2020) disebutkan juga bahwa toluen merupakan campuran pelarut dalam pembuatan *thinner* [17]. Nilai parameter kelarutan *hildebrand* dari ketiga pelarut tersebut juga ditampilkan pada Tabel 1.

Thinner dibuat dari senyawa *low boiling point* sebesar 10-30%, *medium boiling point* 25-45%, dan *high boiling point* 45-60%. Berdasarkan ketentuan tersebut, formula komposisi pelarut campuran organik dari toluen, propil asetat, dan etil propionat disajikan pada Tabel 2.

Tabel 1. Nilai parameter kelarutan *hildebrand* (δ) pelarut dan bitumen

N o	Nama Pelarut	δ (MPa ^{0,5})
1	Asam asetat	21,3659
2	Aseton	19,9351
3	Benzena	18,5084
4	Heksana	14,9000
5	Toluen	18,1648
6	Propil asetat	17,6164
7	Etil propionat	17,3628
8	Bitumen	19,1502

Persentase dari setiap pelarut di dalam campuran pelarut tersebut menjadi nilai fraksi volume yang dimasukkan ke dalam Persamaan (1). Volume total dari *thinner* yang digunakan sebesar 0,25 L. Menurut Persamaan (2), volume molar (V_m) memiliki nilai yang sebanding dengan besaran volume (V) sehingga keduanya dapat saling menggantikan dalam Persamaan (1). Nilai parameter kelarutan *hildebrand* dari setiap formula komposisi pelarut campuran tersebut disajikan juga di dalam Tabel 2.

Tabel 2. Nilai parameter kelarutan *hildebrand* (δ) pelarut campuran toluen, propil asetat dan etil propionat.

No	Formulasi Komposisi Pelarut Campuran (% v) *	Fraksi Volume Toluen	Fraksi Volume Propil Asetat	Fraksi Volume Etil Propionat	Volume Total (L)	δ_{mix} (MPa ^{0,5})
1	60 ^[T] :30 ^[PA] :10 ^[EP]	0,60	0,30	0,10	0,25	18,0401
2	55 ^[T] :35 ^[PA] :10 ^[EP]	0,55	0,35	0,10	0,25	17,9919
3	45 ^[T] :45 ^[PA] :10 ^[EP]	0,45	0,45	0,10	0,25	17,8779
4	60 ^[T] :25 ^[PA] :15 ^[EP]	0,60	0,25	0,15	0,25	18,0472
5	50 ^[T] :30 ^[PA] :20 ^[EP]	0,50	0,30	0,20	0,25	17,9505
6	55 ^[T] :30 ^[PA] :15 ^[EP]	0,55	0,30	0,15	0,25	18,0024
7	55 ^[T] :25 ^[PA] :20 ^[EP]	0,55	0,25	0,20	0,25	18,0010

* Formulasi komposisi pelarut campuran ^[T]: Toluen, ^[PA]: Propil Asetat, ^[EP].

Menurut Li, dkk. (2021) disebutkan bahwa perhitungan δ_{mix} dapat menggunakan perhitungan tanpa membutuhkan nilai dari besaran volume dan volume molar dari setiap pelarut dalam pelarut campuran [18]. Perumusan dari perhitungan tersebut dinyatakan pada Persamaan (4) sebagai berikut:

$$\delta_{mix} = x_1\delta_1 + x_2\delta_2 + x_3\delta_3 \quad (4)$$

Perbandingan antara kedua hasil perhitungan tersebut disajikan pada Tabel 3. Hasil perhitungan dari Persamaan (4) memiliki perbedaan nilai yang tidak signifikan dengan hasil perhitungan dari Persamaan (1).

Tabel 3. Nilai parameter kelarutan *hildebrand* (δ) pelarut campuran toluen, propil asetat dan etil propionat menggunakan Persamaan (1) dan (4), selisih δ pelarut campuran dengan bitumen.

No	Formulasi Komposisi Pelarut Campuran (% v) *	δ_{mix} Menggunakan Persamaan (1) (MPa ^{0,5})	δ_{mix} Menggunakan Persamaan (4) (MPa ^{0,5})	$\Delta\delta^{**}$ Menggunakan Persamaan (1) (MPa ^{0,5})	$\Delta\delta^{**}$ Menggunakan Persamaan (4) (MPa ^{0,5})
1	60 ^[T] :30 ^[PA] :10 ^[EP]	18,0401	17,9201	1,1101	1,2301
2	55 ^[T] :35 ^[PA] :10 ^[EP]	17,9919	17,8927	1,1583	1,2575
3	45 ^[T] :45 ^[PA] :10 ^[EP]	17,8779	17,8378	1,2723	1,3124
4	60 ^[T] :25 ^[PA] :15 ^[EP]	18,0472	17,9074	1,1030	1,2428
5	50 ^[T] :30 ^[PA] :20 ^[EP]	17,9505	17,8399	1,1997	1,3103
6	55 ^[T] :30 ^[PA] :15 ^[EP]	18,0024	17,8800	1,1478	1,2702
7	55 ^[T] :25 ^[PA] :20 ^[EP]	18,0010	17,8673	1,1492	1,2829

* Formulasi komposisi pelarut campuran ^[T]: Toluene, ^[PA]: Propil Asetat, ^[EP].

** Selisih δ bitumen dengan pelarut campuran toluen, propil asetat, dan etil propionat

Kedekatan nilai δ antara pelarut dan zat terlarut menunjukkan seberapa kuat keduanya saling mempengaruhi [19]. Jika perbedaan nilai δ antara keduanya kecil, kelarutan zat terlarut terhadap pelarut menjadi besar [20]. Nilai δ dari bitumen adalah 19,1502 MPa^{1/2} sedangkan nilai pelarut campuran organik berada di rentang nilai 18 MPa^{1/2} yang ditampilkan pada Tabel 3. Selisih antara keduanya ($\Delta\delta$) memiliki perbedaan nilai yang kecil.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Pelarut campuran organik dari toluen, propil asetat, dan etil propionat dengan formulasi berdasar pada komposisi *thinner* memiliki kemampuan untuk memisahkan bitumen dari asbuton berdasarkan kecilnya perbedaan nilai parameter kelarutan *hildebrand* antara keduanya. Formula dengan komposisi 60^[T]:25^[PA]:15^[EP] mempunyai kemampuan terbesar dalam memisahkan bitumen dari asbuton.

Penelitian selanjutnya diharapkan meneliti pengaruh nilai parameter kelarutan *hildebrand* dari data perhitungan tersebut terhadap kualitas bitumen yang dipisahkan.

REFERENSI

- [1] A. Sohani, M. Zamani Pedram, dan S. Hoseinzadeh, "Determination of Hildebrand Solubility Parameter of Pure 1-Alkanols Up to High Pressures," *Journal of Molecular Liquid*, vol. 297, hal. 111847, 2019.
- [2] F. Pradhita, M. P. Aulia, dan Hargono, "Optimasi Proses Ekstraksi Gingerol dari Rimpang

- Jahe Segar Menggunakan Pelarut n-Hexane secara Batch,” *Jurnal Teknologi Kimia dan Industri*, vol. 1, no. 1, hal. 468–473, 2012.
- [3] Hargono, “Pemisahan Gingerol dari Rimpang Jahe Segar melalui Proses Ekstraksi secara Utuh,” *Momentum*, vol. 9, no. 2, hal. 16–21, 2013.
- [4] B. Jos, B. Pramudono, dan Aprianto, “Ekstraksi Oleoresin dari Kayu Manis Berbantu Ultrasonik dengan Menggunakan Pelarut Alkohol,” *Reaktor*, vol. 13, no. 4, hal. 231–236, 2011.
- [5] M. D. Laksitorini, L. U. Suryani, F. R. Muhammad, dan H. Purnomo, “Application of Hildebrand Solubility Parameter to Identify Ethanol-Free Co-Solvent for Pediatric Formulation,” *Indonesian Journal of Pharmacy*, vol. 34, no. 2, hal. 218–226, 2023.
- [6] S. K. NISA dan T. Rusdiana, “Formulasi Co-Amorf untuk Meningkatkan Kelarutan Obat BCS Kelas II : Article Review,” *Farmaka*, vol. 16, no. 1, hal. 285–294, 2018.
- [7] D. T. Putranti dan L. P. Ulibasa, “Pengaruh Perendaman Basis Gigi Tiruan Resin Akrilik Polimerisasi Panas dalam Minuman Tuak Aren terhadap Kekasaran Permukaan dan Kekuatan Impak,” *Jurnal Material Kedokteran Gigi*, vol. 4, no. 2, hal. 43–53, 2015.
- [8] M. Rizal, “Ekstraksi dan Karakteristik Aspal Buton sebagai Aditif Formulasi Aspal Lokal,” Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah, 2016.
- [9] H. Sui, L. He, Z. Zhang, dan X. Li, “Recovery of Heavy Hydrocarbons from Indonesia Carbonate Asphalt Rocks I: Solvent Extraction, Particle Sedimentation, and Solvent Recycling,” *Energy & Fuels*, vol. 30, no. 11, hal. 9242, 2016.
- [10] R. Indrayani, A. I. Syamila, E. R. Permatasari, A. Q. Katsiirroh, M. A. Aulia, dan A. R. Nurvita, “Upaya Pengendalian Administratif Bahaya Pelarut Organik (Organic Solvent) pada Industri Sektor Informal,” *ABDIMAYUDA Indonesian Journal of Community Empowerment of Health*, vol. 1, no. 2, hal. 75, 2022.
- [11] M. M. Alavianmehr, S. M. Hosseini, A. A. Mohsenipour, dan J. Moghadasi, “Further Property of Ionic Liquids: Hildebrand Solubility Parameter from New Molecular Thermodynamic Model,” *Journal of Molecular Liquid*, vol. 218, hal. 332–341, 2016.
- [12] I. Hartati, “Prediksi Kelarutan Theobromine pada Berbagai Pelarut Menggunakan Parameter Kelarutan Hildebrand,” *Momentum*, vol. 8, no. 1, hal. 11–16, 2012.
- [13] M. Goodarzi, P. R. Duchowicz, M. P. Freitas, dan F. M. Fernández, “Prediction of the Hildebrand Parameter of Various Solvents Using Linear and Nonlinear Approaches,” *Fluid Phase Equilibria*, vol. 293, no. 2, hal. 130–136, 2010.
- [14] Y. Marcus, “Solubility Parameter of Carbon Dioxide-An Enigma,” *ACS Omega*, vol. 3, no. 1, hal. 524–528, 2018.
- [15] C. M. Hansen, *Hansen solubility parameters: A User’s Handbook: Second Edition*, Second Edi. CRC Press, 2007.
- [16] W. Xu, L. Liang, Q. Luo, Z. He, M. Liang, H. Shen, D. Liang, “Comparison of Six Ester Components in Nitrocellulose Lacquer Thinner from the Aspects of Dissolution Rates , Explosion Characteristics and Environmental Influence,” *Progress in Organic Coatings*, vol. 139, hal. 105426, 2019.
- [17] K. Rio, A. Aury, J. Angelo, dan S. Sutoyo, “Studi : Potensi Solvent N-Butanol sebagai Substituen Toluena dalam Larutan Thinner,” in *Seminar Nasional Kimia (SNK)*, 2020, hal. 249–257.
- [18] W. Li, J. Yuan, X. Wang, W. Shi, H. Zhao, R. Xing, A. Jouyban, W. E. Acree Jr., “Bifonazole

- Dissolved in Numerous Aqueous Alcohol Mixtures: Solvent Effect, Enthalpy–Entropy Compensation, Extended Hildebrand Solubility Parameter Approach and Preferential Solvation,” *Journal of Molecular Liquid*, vol. 338, hal. 116671, 2021.
- [19] I. Dalli, D. Ramdhani, dan A. N. Hasanah, “Design of Indicator Strip Using Polystyrene (PS) and Polymethylmethacrylate (PMMA) for Detection of Diclofenac Sodium in Traditional Pain Relief Herbal Medicines,” *Indonesian Journal of Chemistry*, vol. 17, no. 1, hal. 71–78, 2017.
- [20] B. Kamulyan, U. Hasanah, dan F. Matulesi, “Study of Solvent Mixture of Aqua Destillata–Acetone in the Making of Cellulose Propionate Membrane,” *Jurnal Kimia dan Pendidikan Kimia*, vol. 3, no. 2, hal. 109–117, 2018.