Prediksi Kesetimbangan Cair-Cair Sistem Pati-PVA-Air dengan metode UNIFAC

Lusiana Sri Wahyuni, Ida Zahrina, Bahruddin

Teknik Kimia, Universitas Riau, Pekanbaru 28291, Indonesia

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| I N F O A R T I K E L |  | A B S T R A C T |
| *Keywords:**UNIFAC,**Miscibility,**Starch,**PVA*\*coresponding author:Email: bahruddin@lecturer.unri.ac.id  |  | *The manufacture of bioplastics by mixing PVA with starch, for example from sago, cassava, sweet potatoes, and potatoes and so on have been widely practiced. However, in some cases, blending of the polymers may not produce the desired properties due to the lack of miscibility between the mixed polymers. So that in making bioplastics a mixture of starch and PVA requires data support of the miscibility of raw materials for making bioplastics into water solvents. Miscibility can be predicted using UNIQUAC Functional - group Activity Coefficient (UNIFAC) method. The activity coefficient resulting from the UNIFAC calculation of the ternary system of starch, PVA and water shows that the activity coefficient of starch tends to increase with increasing starch composition, while the activity coefficient of PVA is not very stable. The water activity coefficient shows the opposite tendency. Temperature does not seem to have a significant effect on the composition of starch and PVA, from the calculation obtained the starch composition of 0.01045 - 0.15325 and PVA 0.38407 - 0.23860. Likewise, water shows that the heating temperature does not really affect the composition of the water. The calculation of the balance of the mixture is carried out to get the right composition for the mixture of starch, PVA and water to form a perfectly mixed mixture. The results of calculating the composition in equilibrium are shown in the ternary diagram. The diagram shows a single-phase graph, where if a mixture containing 2 components dissolves completely, it will form a single-phase region.* |

1. **Pendahuluan**

Permasalahan kantong plastik tengah menjadi pusat perhatian diseluruh belahan dunia, plastik sulit didaur ulang dan kurang lebih membutuhkan waktu 500 tahun untuk proses penguraiannya. Beberapa peneliti telah melakukan penelitian pembuatan bioplastik (plastic ramah lingkungan) dengan mencampurkan bahan utama pembuatan bioplastik (PVA) dengan pati misalnya dari sagu, ubi kayu, ubi jalar, gembili, sorgum, talas, kentang, jagung dan lain sebagainya. Pembuatan bioplastik dari campuran PVA dan pati sagu sudah dibuktikan oleh beberapa peneliti seperti Ismail et al (2014) dan Nurazizah et al (2018, 2019). Pati merupakan polimer glukosa dengan ikatan 1,4 a-glikosida. Sifat pati ditentukan oleh panjang rantai C dan bentuk rantai molekulnya. Pati terdiri dari dua fraksi yang dapat dipisahkan dengan air panas, yaitu fraksi terlarut disebut amilosa dengan struktur lurus dan fraksi tidak larut yang disebut amilopektin dengan struktur bercabang (Suhardjo, dkk., 1986 *dalam* Rahmiyati, 2006). Dalam pembuatan bioplastik, pati dapat dicampurkan dengan PVA. PVA merupakan polimer yang banyak digunakan karena memiliki sifat lentur, selain itu PVA juga mudah diuraikan secara alami (biodegradable) pada kondisi yang sesuai. PVA komersial biasanya merupakan campuran dari beberapa tipe stereoregular yang berbeda (isotaktik, ataktik, dan sindiotaktik). PVA dengan derajat hidrolisis 98.5% atau lebih dapat dilarutkan dalam air pada suhu 70 °C (Wang et al., 2004). Namun, dalam beberapa kasus, pencampuran dari polimer mungkin tidak menghasilkan sifat yang diinginkan disebabkan karena kurangnya misibilitas (kelarutan) antara polimer campuran. Misibilitas merupakan faktor penting dalam studi campuran polimer terkait dengan tingkat kesalahan fungsi (Ali et al, 2014). Sehingga dalam pembuatan bioplastik campuran pati dan PVA membutuhkan dukungan data misibilitas bahan baku pembuatan bioplastik ke dalam pelarut air.

Misibilitas bisa diprediksi dengan menggunakan beberapa metode kesetimbangan fasa diantaranya dengan menggunakan dengan menggunakan model *Non Random Two Liquid* (NRTL), *Universal Quasi-chemical* (UNIQUAC), *Electrolyte-nonrandom two liquid* (e-NRTL), *UNIQUAC Functional – group Activity Coefficient* (UNIFAC), dan persamaan Antoine (Waluyo, et al. 2012). Waluyo et al (2012) telah melakukan penyelidikan mengenai prediksi misibilitas CO dan H2O yang dibutuhkan sebagai data dukungan dalam pemilihan reaktor fasa cair yaitu dengan menggunakan model kesetimbangan fasa UNIFAC. Begitu juga Hartanto et al (2014) melakukan penelitian kesetimbangan uap-cair dan cair-cair sistem Etanol (1) + Air (2) + Ionic Liquids (3) dalam pemurnian Bioetanol, berbeda dengan Waluyo, Hartanto mencoba melakukan prediksi misibilitas tersebut dengan menggunakan beberapa model yaitu, NRTL, UNIQUAC, e-NRTL, UNIFAC, dan persamaan Antoine. Chapeaux et al (2008) melaporkan bahwa pada larutan ion 1-butyl-3-methylimidazolium trifluoromethane- sulfonate dan 1-octyl-3-methylimidazolium trifluoro methanesulfonate dapat menggunakan model UNIFAC untuk memprediksi kesetimbangan pada sistem terner, dan menunjukkan hasil yang baik. UNIQUAC dan Antoine juga dapat mengkorelasikan sistem terner tersebut dengan baik untuk campuran biasa 1- hexyl-3-methylimidazolium dan 1-propyl-3-methylimidazolium Bromide (Zakaria et al, 2005).

Selama beberapa tahun terakhir, banyak model termodinamika telah dikembangkan dan model koefisien aktivitas telah mendapat perhatian besar karena mereka membutuhkan sejumlah kecil parameter kelompok. Diantaranya, model UNIQUAC dan model UNIFAC adalah metode yang paling banyak digunakan. Berdasarkan model UNIQUAC, model UNIFAC pertama kali diusulkan oleh Fredenslund et al. dan jauh lebih nyaman karena tidak ada regresi (Cheng et al, 2013). UNIFAC merupakan metode yang sering digunakan dalam pengembangan sistem kesetimbangan fasa dengan sedikit data percobaan atau sebagai panduan perancangan percobaan (Shaharun et al, 2008). Sehingga metode UNIFAC ini dapat digunakan untuk menghitung kesetimbangan sistem campuran polimer pada pati, PVA dan air yang memiliki sedikit data termodinamika untuk masing-masing komponennya. Pada konsepnya, metode UNIFAC mengikuti metode ASOG, dimana koefisien aktifitas dalam campuran berhubungan dengan interaksi antar kelompok struktural. Beberapa hal yang perlu diperhatikan adalah sebagai berikut :

* + - 1. Pengurangan yang sesuai dari data koefisien aktifitas yang diperoleh secara eksperimen untuk menghasilkan parameter yang mengkarakterisasi interaksi antar struktur kelompok pada sistem nonelektrolit.
			2. Penggunaan untuk memprediksi koefisien aktifitas untuk sistem lain yang belum dipelajari secara eksperimen namun mengandung fungsional yang sama.

Pemodelan UNIFAC menghitung koefisien aktivitas dengan menggunakan kelompok fungsional yang ada pada molekul yang membentuk campuran cairan. Jika nilai koefisien aktivitas suatu komponen mempunyai nilai yang mendekati satu, hal ini menunjukkan bahwa komponen tersebut berada dalam keadaan ideal di dalam sistem (Poling, 2014). Korelasi pada model UNIFAC digunakan dengan tujuan untuk mengurangi jumlah interaksi biner yang diukur untuk meprediksi keadaan sistem. Metode UNIFAC merupakan ekstensi UNIQUAC tanpa parameter yang dapat disesuaikan untuk dimasukkan atau disesuaikan oleh pengguna data eksperimental. Sebagai gantinya, semua parameter yang dapat disesuaikan telah dicirikan oleh para pengembang model berdasarkan kontribusi kelompok yang menghubungkan data dalam basis data yang sangat besar.

1. **Metodologi Penelitian**
	1. **Prosedur Penelitian**
		1. **Pengumpulan data**

Penelitian ini diawali dengan studi literatur untuk mencari data persamaan yang akan digunakan untuk merancang model kesetimbangan cair-cair antara pati, PVA dan air dengan menggunakan metode UNIFAC. Data-data yang dikumpulkan meliputi:

* Berat molekul masing-masing komponen yang digunakan adalah berat molekul rata-rata, yaitu pati 10.000 g/mol (Perdana, 2016) dan PVA 85.000 (Nasrullah, 2015)
* Gugus – gugus fungsi dari masing-masing komponen adalah:

Pati : 1CH2, 3CH, 2CHO, 3OH

PVA : 1CH2, 1CH, 1 OH

Air : 1H2O

* Parameter volume molekular (ri) dan surface area (qi) untuk pati dan PVA diperoleh dari data molekular Van der Waals, Rk dan Qk, berdasarkan Polling, et al (2001).

**Tabel 2.1. UNIFAC Parameter (v, R dan Q) Gugus Pati dan PVA**

|  |  |
| --- | --- |
| **Molekul** | **Group Identification** |
| **Name** | **Main No.** | **Sec. No.** | ***vj(i)*** | **Rj** | **Qj** |
| Pati | CH2 | 1 | 2 | 1 | 0,6744 | 0,5400 |
| CH | 1 | 3 | 3 | 0,4469 | 0,2280 |
| CHO | 10 | 20 | 2 | 0,9980 | 0,9480 |
| OH | 5 | 14 | 3 | 1,0000 | 1,2000 |
| PVA | CH2 | 1 | 2 | 1 | 0,6744 | 0,5400 |
| CH | 1 | 3 | 1 | 0,4469 | 0,2280 |
| OH | 5 | 14 | 1 | 1,0000 | 1,2000 |
| Air | H2O | 7 | 16 | 1 | 0,9200 | 1,4000 |

* Parameter interaksi grup atau nimali amn yang digunakan pada penelitian ini diperoleh dari Tabel 8.24 buku Poling et al, 2001.
	+ 1. **Membuat Perhitungan Kesetimbangan**

Selanjutnya membuat perhitungan kesetimbangan cair-cair.

* Untuk menghitung kesetimbangan digunakan persamaan 2.47

 (i=1,2,3)

* Dari persamaan tersebut teradapat 4 fraksi yang tidak diketahui, yaitu: . Sedangkan fraksi dapat dihitung berdasarkan persamaan neraca massa 2.48 dan 2.49:

dan

* Untuk menghitung kesetimbangan cair-cair sistem terner, diperlukan bantuan dari perhitungan flash isothermal, yaitu dengan persamaan 2.50:
* Dan untuk juga berlaku kesetimbangan massa untuk
* Dimana z1 ­dan z2 dijadikan sebagai basis untuk menghitung nilai dari fraksi-fraksi yang tidak diketahui secara simultan.
* Parameter volume molekuler (ri) dan surface area (qi) dihitung dengan menggunakan persamaan 2.53 dan 2.54 sebagai berikut:

dan

* Dengan menggunakan data ri dan qi akan diperoleh parameter ɸi dan θi serta nilai .dengan menggunakan persamaan 2.57-2.59

Dengan nilai

* Setelah mendapatkan parameter ɸi dan θi serta nilai . Kemudian dapat dihitung kooefisien aktivitas komponen kombinatorial dengan mengunakan persamaan UNIFAC 2.52
* Kemudian untuk menghitung koefisien aktivitas komponen residu, persamaan yang digunakan adalah persamaan 2.60:
* Dimana merupakan parameter untuk menghitung koefisien aktivitas komponen residu dari tiap komponen. Sehingga akan deperoleh data untuk CH2, CH, CHO, OH, dan H2O , dicari dengan menggunakan persamaan 2.61

Sebagai catatan tidaklah sama dengan Namun, jika k=m, maka =; = 1.

* Parameter dan dicari dengan menggunakan persamaan 2.62 dan 2.63
* Untuk menghitung koefisien aktivitas komponen residu dibutuhkan parameter interaksi grup atau nimali amn. Parameter yang digunakan pada penelitian ini diperoleh dari Tabel 8.24 buku Poling et al, 2001 yaitu:

a1,5 = 986,50

a5,1 = 156,40

a1,10 = 677,00

a10,1 = 505,70

a10,5 = 529,00

a5,10 = -203,60

a1,7 = 1.318,0

a7,1 = 300,00

a10,7 = 480,08

a7,10 = -116,00

a5,7 = 353,50

a7,5 = -229,10

* Sedangkan merupakan parameter untuk menghitung koefisien aktivitas komponen residu pada grup k dengan campuran yang hanya terdiri dari komponen i. Sehingga akan deperoleh data untuk CH2, CH, CHO, OH pada pati, CH2, CH, OH, pada PVA dan H2O pada air.
* Setelah diperoleh nilai koefisien aktivitas komponen residu, maka koefisiean aktivitas dapat dihitung dengan menggukan persamaan 2.51, yaitu
1. **Hasil dan Pembahasan**
	1. **Koefisiean aktivitas Pati, PVA dan Air**

Metode kontribusi kelompok disajikan untuk memprediksi koefisien aktivitas dalam campuran cairan nonelektrolit. Metode ini menggabungkan konsep gugus fungsi dengan model untuk koefisien aktivitas. Model UNIFAC berisi dua parameter yang dapat disesuaikan perpasang kelompok fungsional. Dengan menggunakan parameter interaksi kelompok yang diperoleh dari reduksi data, koefisien aktivitas dalam sejumlah besar campuran biner dan multikomponen dapat diprediksi. Metode UNIFAC yang dihasilkan memberikan prosedur sederhana untuk menghitung koefisien aktivitas dalam bentuk konstanta yang mencerminkan ukuran dan luas permukaan kelompok fungsional individu, dan parameter yang mewakili interaksi antar kelompok.

Agar metode UNIFAC berguna untuk desain proses, sejumlah besar parameter interaksi kelompok harus tersedia. Semakin luas basis data yang berkaitan dengan temperatur dan spesies molekuler parameter interaksi kelompok maka akan semakin baik prediksi koefisien aktivitas.

Untuk memprediksi koefisien aktivitas untuk sistem pati-PVA-air dengan menggunakan variasi temperatur 75o C - 90o C, dibutuhkan parameter interaksi kelompok untuk (CH2, CH, CHO, OH), (CH2, CH, OH) dan (H2O). Grafik 1-3 memperlihatkan hubungan antara koefesiean aktifias dengan fraksi mol dari tiap komponen.

**Grafik 1.** Kurva γ dan x(pati) dalam campuran Pati, PVA dan Air

**Grafik 2.** Kurva γ dan x(PVA) dalam campuran Pati, PVA dan Air

**Grafik 3.** Kurva γ dan x(air) dalam campuran Pati-PVA dan Air

Grafik hubungan antara koefisien aktivitas dengan komposisi masing-masing dibuat terpisah agar karakteristik masing-masing dapat terlihat jelas, jika disatukan maka tampilan grafik yang dihasilkan menjadi agak kurang informatif dikarenakan nilai dari masing-masing komponen berbeda jauh. Trend grafik pada pati (grafik 1) memiliki kecendrungan semakin besar komposisi pati juga diiikuti oleh semakin besar koefesien aktivitas komponen. Berbeda dengan PVA (grafik 2), yang memiliki komposisi dan koefisien aktivitas yang tidak stabil, terlihat pada grafik bahwa ada kenaikan dan penurunan dari komposisi dan koefisen aktivitas PVA. Grafik 3 memperlihatkan grafik hubungan komposisi air dan koefisien aktivitasnya, secara umum dapat dilihat bahwa semakin bertambah komposisi air, maka nilai koefisien aktivitasnya semakin berkurang, namun, grafik tidak memperlihatkan garis yang liner, melainkan sedikit berbelok, hal ini dipengaruhi oleh koefisien aktifitas yang diperoleh dari perhitungan yang tidak konstan. Koefisien aktivitas pada komposisi air masing-masing 0,552; 0559; 0,605 memiliki nilai yang naik dan turun yaitu 1,1791; 1, .1710; 1,1856.

Ketika mendekati 1, maka komponen tersebut berperilaku selayaknya idealnya. Dari grafik 4.1-4.3 juga dapat dilihat bahwa nilai koefisien aktifitas pati dan PVA memiliki nilai koefisien aktivitas kurang dari 1 sedangkan air memiliki nilai koefisiean aktivitas lebih dari 1. Hal ini menunjukkan penyimpangan dari hokum Roult atau dari larutan ideal. Untuk yang kurang dari 1, maka komponen i memperlihatkan penyimpangan negatif, dan penyimpangan positif jika lebih dari 1. Suatu penyimpangan positif menyisyaratkan bahwa komponen i lebih mudah menguap. Pada temperatur 70-90 bisa terjadi penguapan pada air.

Dalam perhitungan kesetimbangan cair-cair multikomponen digunakan sebuah perhitungan ishotermal flash (persamaan 2.50). Dimana pada persamaan tersebut tersebut terdapat factor α yaitu fraksi mol umpan cair yang terdapat pada fasa α dan fasa β. Diperkirakan dikarenakan faktor inilah yang menyebabkan ketidakstabilan grafik. Pada perhitungan ini, α yang diperoleh melalui perhitungan *goal seek* memiliki nilai yang tidak stabil naik dan turun, pada perhitungan komposisi pati sebesar 0,60815 diperoleh nilai α yang sangat kecil yaitu sebesar 0,0069. Berbeda dengan Hooper (1998) dalam Poling 2014, yang juga melakukan perhitungan kesetimbangan cair-cair sistem terner antara air, penol dan toluen, memperlihatkan nilai α yang cederung stabil, yaitu semakin menurun seiiring dengan berkurangnya komposisi air.

* 1. **Pengaruh temperatur pada komposisi kesetimbangan**

Pada sistem cair-cair, umumnya tekanan tidak banyak mempengaruhi komposisi kesetimbangan sehingga diabaikan. Sedangkan temperatur umumnya tidak diabaikan karena dapat memberi perubahan pada komposisi kesetimbangan, walaupun seringkali pengaruhnya sangat kecil. Untuk melihat pengaruh temperatur terhadap komposisi kesetimbangan, maka dapat dilihat pada grafik 4 – 6 di bawah ini.

**Grafik 4.** komposisi pati pada berbagai temperatur dari hasil perhitungan UNIFAC

**Grafik 5.** komposisi PVA pada berbagai temperatur dari hasil perhitungan UNIFAC

**Grafik 6** komposisi air pada berbagai temperatur dari hasil perhitungan UNIFAC

Grafik 4 memperlihatkan pengaruh temperatur pata komposisi pati, dimana pada grafik menunjukkan dengan bertambahnya kompisisi pati meningkatan temperatur pemanasan. Namun hubungan sebaliknya diperlihatkan pada grafik 5 pada hubungan komposisi PVA dengan temperatur, yaitu semakin besar temperatur pemanasan maka komposisi PVA yang dapat digunakan semakin sedikit. Namun, pengaruh temperatur pada komposisi pati dan PVA ini tidak terlalu signifikan dimana dari perhitungan diperoleh komposisi pati sebesar 0,01045 - 0,15325 dan PVA 0,38407 - 0,23860. Berbeda pada air (grafik 6), grafik menunjukkan kecendrungan temperatur pemanasan tidak terlalu mempengaruhi komposisi air. Hasil perhitungan ini sesuai dengan laporan Polling et al, (2001) bahwa temperatur tidak terlalu memberikan pengaruh yang signifikan terhadap komposisi campuran.

* 1. **Kemampuan campur Pati – PVA dan Air**

Dari perhitungan dengan menggunakan metode UNIFAC kondisi kesetimbangan cair-cair untuk campuran terner paling baik ditentukan secara grafis. Sistem terner memiliki tiga komponen, artinya memiliki dua variabel komposisi independen (karena yang ketiga ditentukan dari dua lainnya). Dengan demikian, sulit untuk membuat plot diagram fasa karena kita tidak dapat memplot diagram fasa dengan dan dalam dua dimensi seperti yang biasa kita lakukan untuk diagram fasa biner. Plot dilakukan pada segitiga sama sisi. Jarak dari titik komposisi ke suatu sisi menunjukkan jumlah komponen yang berlawanan dengan sisi tersebut dalam campuran.

Kelarutan suatu komponen dalam campuran dapat diketahui dari fasa yang terbentuk dalam sistem kesetimbangan. Kelarutan suatu komponen merupakan konsentrasi maksimum yang dicapai komponen tersebut dalam satu larutan. Dua atau lebih komponen yang saling melarutkan akan membentuk 1 fasa tunggal, komponen yang tidak saling melarutkan maka akan membentuk daerah berfase dua. Dari hasil perhitungan kesetimbangan yang ditampilkan pada Grafik 7. Titik pati, PVA dan air menyatakan komponen murni dari campuran. Titik pada sisi pati-air, pati-PVA dan air-PVA menyatakan fraksi dari dua komponen, sedangkan titik di dalam segitiga menyatakan fraksi tiga komponen. Fraksi tiga komponen dari system terner sesuai dengan x1+x2+x3=1. Titik pada sisi pati-air merupakan campuran biner pati dan air, titik pada sisi pati-PVA merupakan campuran biner pati dan PVA, sedangkan titi pada sisi air-PVA merupakan campuran biner air dan PVA. Jumlah fasa pada sistem zat cair 3 komponen bergantung pada daya saling larut antar zat cair tersebut. Larutan yang mengandung 2 komponen yang saling larut sempurna akan membentuk daerah berfase tunggal.



**Grafik. 7. Diagram terner sistem Pati, PVA dan Air**

Dari grafik 7 di atas memperlihatkan grafik kesetimbangan yang terbentuk dari campuran pati-PVA dan air yang berfase tunggal. Pada grafik terlihat pati lebih condong ke arah kanan atau ke PVA, hal ini bisa diartikan bahwa pati cenderung lebih suka bercampur dengan PVA dibandingkan ke air. Kecondongan ini terjadi karena bertambahnya kelarutan air dalam PVA lebih cepat dibandingkan kelarutan PVA ke dalam air, dimana PVA memiliki kelarutan yang lambat pada temperatur yang rendah, dan sebaliknya kelarutan akan lebih cepat bila pada temperatur yang lebih tinggi. Selain itu, pati lebih menyukai PVA karena massa jenis pati lebih dekat dengan massa jenis PVA yaitu 1,5 g/cm3 dan 1,19 g/cm3, sedangkan massa jenis air lebih kecil dari PVA yaitu 1 g/cm3. Kelarutan pati akan semakin meningkat seiring dengan pemanasan pati yang semakin tinggi sehingga menyebabkan amilosa mengalami depolimerisasi. Hal ini seperti yang disampaikan oleh Yuliasih et all, 2007, bahwa temperatur tinggi menyebabkan terjadinya depolimerisasi molekul pati.

Kelarutan dari zat yang terlibat dalam pencampuran ini dapat dinaikkan atau diturunkan, dengan cara melihat perbandingannya di diagram terner. Pencampuran zat akan homogen (saling melarutkan) jika komposisinya sesuai perbandingan, dan apabila komposisi salah satunya melebihi maka akan terjadi pencampuran heterogen.

**KESIMPULAN DAN SARAN**

Koefisien aktivitas yang dihasilkan dari perhitungan UNIFAC sistem terner pati, PVA dan air menunjukkan trend grafik yang berbeda satu sama lainnya. Koefisiean aktivitas pati dan PVA memiliki nilai kurang dari 1 dimana koefisien aktivitas pati cenderung bertambah seiring dengan bertambahnya komposisi pati, sedangkan pada koefisien aktivitas PVA terlihat tidak begitu stabil yaitu terjadi kenaikan dan penurunan. Koefisien aktivitas air memperlihatkan kecendrungan sebaliknya yaitu semakin besar komposisi air, koefisien aktivitas air justru semakin berkurang, serta nilai koefisien aktivitas air yang diperolah adalah lebih dari 1. Temperatur terlihat tidak terlalu berpengaruh signifikan terhadap komposisi pati dan PVA, dari perhitungan diperoleh komposisi pati sebesar 0,01045 - 0,15325 dan PVA 0,38407 - 0,23860. Begitu juga pada air menunjukkan kecendrungan temperatur pemanasan tidak terlalu mempengaruhi komposisi air. Perhitungan kesetimbangan campuran dilakukan untuk mendapatkan komposisi yang tepat pada campuran antara pati, PVA dan air agar terbentuk campuran yang tercampur sempurna. Hasil perhitungan komposisi dalam kesetimbangan ditampilkan dalam diagram terner. Diagram memperlihatkan grafik berfase tunggal, dimana jika suatu campuran yang mengandung 2 komponen yang saling larut sempurna, maka akan membentuk daerah berfase tunggal. Adapun saran untuk peneliti selanjutnya apabila melakukan penelitian yang serupa yaitu menghitung kesetimbangan dari campuran komponen murni sebaiknya melakukan validasi perhitungan dengan menggunakan analisa termal.

**DAFTAR USTAKA**

Ali, Z. I., dan Essa, W.H. 2014. *Characterization of Electron Beam Irradiated Poly Vinyl Alcohol / Poly Ethylene Glycol Blends*. Journal of Scientific Research.

Bondi, A. 1968. *Physical Properties of Molecular Crystal, Liquid and Gasses*. Wiley, New York, USA.

Chapeaux, A., Simoni, L. D., Ronan., T. S., Stadther, M. A., and Brennecke, J., F, 2008, Extraction of alcohols from water with 1-hexyl-3- methylimidazolium bis(trifluoromethylsulfonyl)imide, dalam *Green Chem*, Vol 10, 2008.

Cheng, Z., Li C., 2013, A Modified UNIFAC Model for Polymer Solutions*.* Dalam *Asian Journal of Chemistry*, Vol 25 No 2, 2013.

Hartanto D., dan Bayu T., 2014. Review Model dan Parameter Interaksi pada Korelasi Kesetimbangan Uap-Cair dan Cair-Cair Sistem Etanol (1) + Air (2) + Ionic Liquids (3) dalam Pemurnian Bioetanol, dalam *Jurnal Rekayasa Proses*, Vol 8 No.1, 2014,

Ismail., H and Zaaba NF, 2014, Effects of Poly(vinyl alcohol) on the Performance of Sago Starch Plastic Films, dalam *Journal of Vinyl & Additive Technology,* 2014

Joko Waluyo dan Herri Susanto, 2012, Penggunaan Model UNIFAC untuk Prediksi Kelarutan CO dan H2pada Berbagai Pelarut Dalam Kaitannya dengan Sintesis Metanol, dalam Prosiding *Seminar Nasional Teknik Kimia Indonesia dan Munas APTEKINDO*, Fakultas Teknik Kimia, Universitas Indonesia, 2012.

Nasrullah. F. 2015. Pengembangan Komposit Polivinil Alkohol (Pva)- Alginat dengan Perasan Daun Binahong Sebagai Wound Dressingantibakteri, dalam Skripsi, UIN Maulana Malik Ibrahim. Malang.

Nurazizah., Putri Deliana., & Bahruddin., 2018, Pengaruh Sorbitol Terhadap Karakteristik Bioplastik Berbasis Pati Sagu-Polivinil Alkohol (Pva), dalam Prosiding *Seminar Nasional Teknik Kimia-2*, Aceh.

Nurazizah, Said Jul Amraini, Bahruddin. 2019. Pengaruh Sorbitol Terhadap Karakteristik Bioplastik Berbasis Pati Sagu-Polivinil Alkohol (Pva) Dengan Menambahkan Kitosan Sebagai Filler Dan Sorbitol Sebagai Plastisizer, dalam *JOM FTeknik,* volume 6, edisi 1 Januari s/d Juni 2019.

Poling, B.E., J.M. Prausnitz, J.P. O’Connell. (2001). *The Propertie of Gases and Liquids 5th Ed.* New York: McGraw-Hill

Shaharun, M.S., H. Mukhtar, B.K. Dutta, 2008, *Solubility of Carbon Monoxide and Hydrogen in Propylene Carbonate and Thermomorphic multicomponent hydroformylation solvent.* Chemical Engineering Science, 3024-3035

Wang T, Turhan M, Gunasekaram S. 2004, Selected Properties of pH-sensitive, biodegradable chitosan-Poly (Vinyl Alkohol) hydrogel, dalam *Polymer International*, 53(7):911-918.

Zakariya, R. A., Zhao, J., Li, C. X., dan Wang, Z. H. (2005), Determination of Vapor Pressures for Binary and Ternary Mixtures Containing Ionic Liquid 1-propyl-3methylimidazolium Bromide Chin, dalam *J. Chem. Eng*., 13, 791–795.