

EKSPLORASI METODE PEMBUATAN BAHAN AKTIVATOR KARBON AKTIF DARI KULIT SALAK WEDI DENGAN AKTIVATOR SENGLORIDA ($ZnCl_2$)

Aprillia Dwi Ardianti ¹⁾

¹⁾ Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Nahdlatul Ulama Sunan Giri, Bojonegoro
E-mail : aprilliadwia@unugiri.ac.id

ABSTRACT

Exploration of wedi bark waste in Bojonegoro as an activated carbon material can provide an alternative for the manufacture of activated carbon by utilizing salak wedi skin. The bark of the salak wedi was modified by drying, roasting, and in the oven in the manufacture of activated carbon which was then activated with a $ZnCl_2$ activator and then tested for the adsorption capacity of the activated carbon of this bark to decrease phenol. The adsorbent material that decreased the phenol concentration the most was the roasted adsorbent with a final phenol concentration of 2.15 mg/L, so the absorbed phenol concentration was 297.85 mg/L at a mass of 1.5 g. Based on the results of the analysis, it can be seen that each variation of the type of activated carbon material will experience a decrease in concentration along with the increase in the mass of the adsorbent. The larger the mass of the adsorbent, the adsorption ability will also increase. Each type of activated carbon material also experienced an increase in the percent removal along with the increase in the mass of the adsorbent. From the results of research on the effect of mass of activated carbon also shows the value of adsorption capacity decreases with increasing mass of adsorbent.

Keywords: *salak bark, activated carbon, $ZnCl_2$*

ABSTRAK

Eksplorasi limbah kulit salak wedi di Bojonegoro sebagai bahan karbon aktif dapat memberikan alternatif untuk pembuatan karbon aktif dengan memanfaatkan kulit salak wedi. Kulit salak wedi tersebut dimodifikasi dengan perlakuan di jemur, di sangrai, dan di oven dalam pembuatan karbon aktifnya yang kemudian di aktivasi dengan aktivator $ZnCl_2$ dan kemudian di uji daya adsorpsi karbon aktif kulit salak ini terhadap penurunan fenol. Bahan adsorben yang paling banyak menurunkan konsentrasi fenol adalah bahan adsorben yang di sangrai dengan konsentrasi fenol akhir sebesar 2,15 mg/L jadi konsentrasi fenol yang diserap sebesar 297,85 mg/L pada massa 1,5 g. Berdasarkan hasil analisis dapat diketahui bahwa masing-masing variasi jenis bahan karbon aktif akan mengalami penurunan konsentrasi seiring dengan bertambahnya massa adsorben. Semakin besar massa adsorben maka kemampuan adsorpsinya juga akan mengalami kenaikan. Masing-masing jenis bahan karbon aktif juga mengalami kenaikan persen removal seiring dengan bertambahnya massa adsorben. Dari hasil penelitian tentang pengaruh massa karbon aktif ini juga menunjukkan nilai kapasitas adsorpsi semakin menurun dengan bertambahnya massa adsorben.

Kata kunci: *kulit salak, karbon aktif, $ZnCl_2$*

1. Latar Belakang

Karbon aktif merupakan karbon amorf dari pelat-pelat datar disusun oleh atom-atom C yang terikat secara kovalen dalam suatu kisi heksagonal datar dengan satu atom C pada setiap sudutnya dan mempunyai permukaan yang berongga dan struktur berlapis seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3a dan 3b. Karbon aktif berkualitas tinggi ditandai dengan luas permukaan dan volume pori yang tinggi (Hartanto dan Ratnawati, 2010). Dalam beberapa tahun terakhir telah disadari pentingnya limbah pertanian sebagai sumber bahan baku murah dan terbarukan untuk produksi karbon aktif seperti biji kurma, tongkol jagung, tempurung kelapa, kulit singkong, kulit kacang

tanah dan masih banyak lagi bahan pertanian lainnya. Kulit salak juga merupakan salah satu limbah pertanian yang berpotensi sebagai karbon aktif layak pakai (Chadrudee Sirilamduan, 2011).

Banyak penelitian tentang pembuatan karbon aktif yang telah dilakukan sebelum ini. Pradhan (2011) membuat karbon aktif dari limbah lumpur kertas dengan aktivator $ZnCl_2$. Aktivasi dengan $ZnCl_2$ menghasilkan karbon aktif dengan porositas yang baik. Dhasilkan karbon aktif dengan luas permukaan spesifik yang besar ($737.6 \text{ m}^2/\text{g}$) dan nilai *iodine* yang tinggi (764.8 mg/g). Namasivayam dan Sangeetha (2005) membuat karbon aktif dari limbah pertanian, sabut kelapa, dengan aktivator $ZnCl_2$ menghasilkan adsorben yang efektif untuk menghilangkan nitrat dari larutan. Sodeinde (2012) membuat karbon aktif dari tempurung kelapa dengan aktivator $ZnCl_2$ dan disimpulkan bahwa karbon aktif yang dibuat mengkatalisis reduksi hexamine kobalt (III). Konversi hexamine kobalt (III) meningkat dengan adanya karbon aktif tersebut.

Salak (*Salacca edulis Reinw*) berasal dari Asia Tenggara. Buah ini memiliki bentuk menyerupai telur. Kulit buah berwarna coklat dan tampak seperti kulit ular. Salak berisi tiga potong biji ditutupi dengan daging putih. Di Indonesia ada banyak kultivar salak, namun sebagian besar dari mereka memiliki rasa sepat. Kulit buah ditutupi dengan sisik yang teratur, memberikan penampilan kulit reptil. Setelah dikupas, kulitnya menjadi limbah dan dalam penelitian ini digunakan sebagai bahan baku pembuatan karbon aktif.

Pada penyerapan karbon aktif terjadi proses adsorpsi yaitu suatu proses penyerapan zat-zat yang akan dihilangkan oleh bagian permukaan dari karbon aktif tersebut. Banyak penelitian yang mempelajari tentang manfaat dan kegunaan dari karbon aktif yang dapat menyerap senyawa organik maupun anorganik. Peningkatan kebutuhan karbon aktif ini disebabkan karena semakin banyaknya aplikasi karbon aktif yang diterapkan pada industri. Pada umumnya karbon aktif digunakan pada industri obat-obatan, makanan, minuman, pemurnian air, farmasi dan kimia. Dengan permintaan yang semakin meningkat tersebut maka mendorong para peneliti untuk mencari bahan alternatif lain yang dapat dijadikan sebagai karbon aktif (Pambayun, Gilar. S, dkk, 2013).

Berdasarkan uraian di atas peneliti ingin mengeksplorasi limbah kulit salak wedi di Bojonegoro sebagai bahan karbon aktif. Penelitian ini bertujuan untuk memberikan alternatif untuk pembuatan karbon aktif dengan memanfaatkan kulit salak wedi. Kulit salak wedi tersebut dimodifikasi dengan perlakuan di jemur, di sangrai, dan di oven dalam pembuatan karbon aktifnya yang kemudian di aktivasi dengan activator $ZnCl_2$ dan kemudian di uji daya adsorbs karbon aktif kulit salak ini terhadap penurunan fenol.

2. Metode Penelitian

1. Preparasi Sampel

Penelitian ini merupakan penelitian yang dilaksanakan secara eksperimen di laboratorium. Penelitian ini melakukan tiga perlakuan yang berbeda pada pembuatan karbon aktif kulit salak, yaitu di jemur di bawah sinar matahari, di sangrai dan di oven. Pertama-tama kulit salak yang diperoleh dicuci dengan air keran beberapa kali hingga bersih. Pada sampel yang pertama yaitu sample A, kulit salak di jemur di bawah sinar matahari selama 5-7 hari sampai kulit benar-benar kering dan beratnya konstan. Pada sample yang kedua yaitu sample B, kulit salak di sangrai dengan menggunakan api kecil selama 1,5-2 jam sampai menjadi arang dan diperoleh berat yang konstan. Dan pada sample yang ketiga, yaitu sample C, kulit salak di panggang dalam oven dengan suhu 110°C selama 2 jam sampai diperoleh berat yang konstan.

2. Pembuatan Karbon

Selanjutnya ketiga sample ini dihaluskan dengan cara di blender terlebih dahulu menjadi ukuran yang lebih kecil, kemudian di tumbuk menggunakan mortar untuk mendapatkan serbuk lebih kecil dan halus. Setelah itu ketiga serbuk tersebut di ayak dengan ayakan 50 mesh dan diberi label sample A untuk karbon kulit salak yang di jemur, sample B untuk karbon kulit salak yang di sangrai, dan sample C untuk karbon kulit salak yang di oven. Selanjutnya dilakukan aktivasi kimia terhadap ketiga sample karbon kulit salak ini dengan menggunakan bahan aktivator $ZnCl_2$.

3. Aktivasi Karbon Aktif

Aktivasi kimia dilakukan ditentukan dengan perbandingan 1:1,5, yaitu perbandingan antara karbon dan aktivator. Adanya perbandingan tersebut maka diperoleh yaitu: setiap 100 mL aqua DM, akan direaksikan dengan 20 gram karbon dan 30 gram aktivator. Aktivasi kimia dilakukan dengan dua tahap, yaitu pada tahap pertama masukkan air suling dan aktivator ke dalam gelas *beaker* dan dipanaskan selama 1 jam. Tahap kedua campurkan serbuk karbon kedalam larutan tersebut selama 2 jam. Sehingga waktu total yang dibutuhkan untuk melakukan aktivasi kimia adalah 3 jam. Larutan campuran aktivator dan serbuk karbon kemudian dipanaskan dengan menggunakan *hot plate* dengan suhu 100°C dan diaduk secara otomatis dengan menggunakan *magnetic stirrer* dengan kecepatan 300 rpm selama 2 jam. Setelah aktivasi kimia selesai, kemudian dilakukan pengendapan dan pencucian. Pengendapan dilakukan dengan mendinginkan sampel selama satu hari hingga terbentuk endapan pada dasar gelas *beaker*. Sehingga cairan yang ada pada sampel, dibuang hingga tersisa endapannya saja. Endapan yang diperoleh kemudian dicuci dengan memberikan aqua DM secara berulang kali hingga mencapai pH netral. Setelah penetralisasian selesai dilakukan, maka sampel di keringkan dengan menggunakan oven 110°C selama 2 jam. Setelah kering maka sampel kembali berbentuk serbuk karbon.

4. Pengujian karbon aktif terhadap Fenol

Karbon hasil aktivasi dengan aktivator yang berbeda dimasukkan ke dalam masing-masing 3 erlenmeyer dengan massa karbon aktif sebanyak 500 mg, 1000 mg dan 1500 mg kemudian masing-masing karbon aktif ditambahkan dengan 200 mL larutan fenol dengan konsentrasi 300 mg/L lalu di shake dengan kecepatan 200 rpm selama 1 jam, setelah itu didiamkan selama 30 menit hingga mengendap lalu disaring untuk memisahkan filtrat dan residunya kemudian di ukur filtratnya dengan spektrofotometri UV-Vis pada panjang gelombang (λ) 270,0 nm (Ari Dwi Putranto dan M. Razif, 2006). Setelah itu dihitung efisiensi penyerapan fenolnya.

5. Penentuan isoterm Langmuir dan Freundlich

Menghubungkan antara konsentrasi akhir dan massa karbon aktif tempurung kluwak untuk mengetahui kemampuan adsorpsi dan menghubungkan C_e dan C_e/W untuk masing-masing jenis karbon sehingga didapatkan persamaan isoterm Langmuir sedangkan untuk mendapatkan persamaan isoterm Freundlich dengan cara dihubungkan $\log C_e$ dan $\log W$ untuk masing-masing jenis karbon (Ari Dwi Putranto dan M. Razif, 2006).

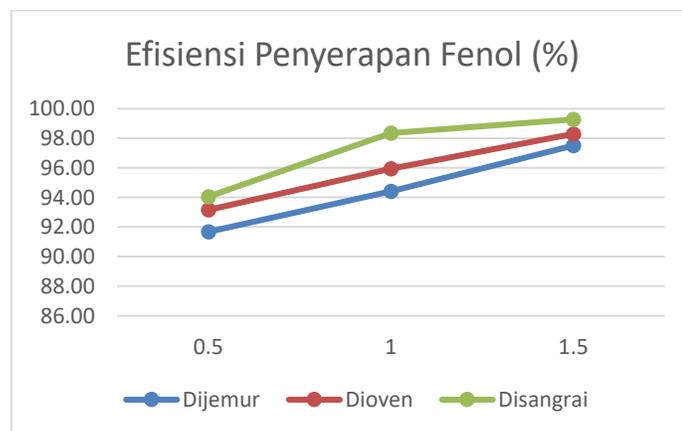
3. Hasil Analisis

1. Kemampuan Adsorpsi Kulit Salak

Pada penentuan efisiensi penyerapan fenol yang teradsorpsi digunakan limbah simulasi fenol dengan konsentrasi awal 300 ppm. Hasil berikut merupakan variasi massa dari masing-masing eksplorasi bahan karbon aktif. Efisiensi penyerapan fenol yang mampu diserap oleh karbon aktif kulit salak wedi dapat dilihat pada Tabel 3. 1

Tabel 3. 1. Efisiensi Penyerapan dan Kapasitas Adsorpsi Fenol

No.	Sampel(g)	Konsentrasi Akhir (mg/L)	Efisiensi Penyerapan(%)	Kapasitas Adsorpsi(mg/g)
1.	Karbon dijemur 0,5	24,97	91,68	110,01
2.	Karbon dijemur 1,0	16,75	94,42	56,65
3.	Karbon dijemur 1,5	7,45	97,51	39,01
4.	Karbon dioven 0,5	20,51	93,16	111,79
5.	Karbon dioven 1,0	12,16	95,95	57,57
6.	Karbon dioven 1,5	5,09	98,3	39,32
7.	Karbon disangrai 0,5	17,81	94,06	112,87
8.	Karbon disangrai 1,0	4,9	98,36	59,02
9.	Karbon disangrai 1,5	2,15	99,28	39,71

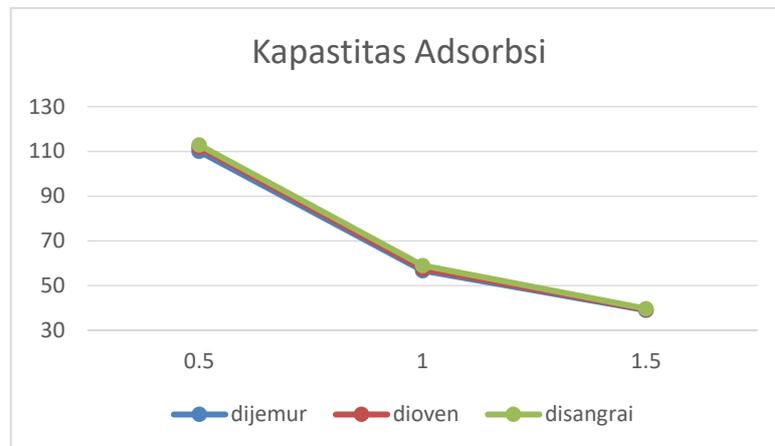


Gambar 3.1 Efisiensi Penyerapan Fenol

Keterangan:

X : Massa adsorben (g)

Y : Efisiensi penyerapan (%)



Gambar 3.2 Kapasitas Adsorbsi

Keterangan:

X : Massa adsorben (g)

Y : Kapasitas adsorpsi (mg/L)

Pada penentuan kadar air karbon dari kulit salak dihitung sebelum aktivasi dan sesudah aktivasi oleh masing-masing jenis bahan karbon aktif. Kadar air karbon aktif kulit salak dapat dilihat pada Tabel 3. 2

Tabel 3. 2. Kadar Air Karbon Aktif

Kadar Air Sebelum Aktivasi (%)	Kadar Air Sesudah Aktivasi (%)		
	Dijemur	Dioven	Disangrai
2,57	2,41	2,29	2,03

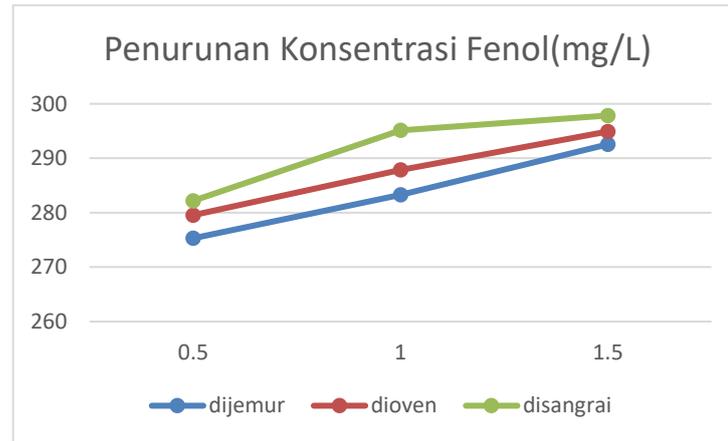
2. Pengaruh Variasi massa dan Jenis bahan karbon aktif

Pada penentuan konsentrasi fenol yang teradsorpsi digunakan limbah simulasi fenol dengan konsentrasi awal 300 ppm, variasi massa dari masing- masing jenis bahan karbon aktif. Konsentrasi fenol yang teradsorpsi oleh karbon aktif kulit salak dapat dilihat pada Tabel 3.3.

Tabel 3.3 Fenol yang teradsorpsi Karbon Kulit Salak

No.	Sampel (g)	Absorban	Konsentrasi Terserap (mg/L)	Konsentrasi Akhir (mg/L)
1.	Karbon dijemur 0,5	1,1362	275,3	24,97
2.	Karbon dijemur 1,0	0,7622	283,25	16,75
3.	Karbon dijemur 1,5	0,3392	292,55	7,45
4.	Karbon dioven 0,5	0,9332	279,49	20,51
5.	Karbon dioven 1,0	0,5531	287,84	12,16
6.	Karbon dioven 1,5	0,2319	294,91	5,09
7.	Karbon disangrai 0,5	0,6432	282,19	17,81
8.	Karbon disangrai 1,0	0,2234	295,1	4,9
9.	Karbon disangrai 1,5	0,0981	297,85	2,15

Berdasarkan pada tabel 3.3, maka diperoleh grafik perbandingan konsentrasi fenol yang teradsorpsi oleh karbon aktif kulit salak seperti pada Gambar 3. 3



Gambar 3.3 Penurunan Konsentrasi Fenol

Keterangan:

X : Massa adsorben (g)

Y : Konsentrasi fenol yang terserap (mg/L)

4. Pembahasan

1. Kemampuan Adsorpsi Karbon Aktif Kulit Salak

Metode yang digunakan untuk menurunkan konsentrasi fenol adalah metode adsorpsi, karena selain mudah dilakukan, efektivitasnya tinggi dan biaya yang diperlukan relatif murah. Pada proses adsorpsi, karbon aktif dari berbagai macam metode pembuatan karbon aktif dengan aktivator $ZnCl_2$ dicampurkan dengan limbah simulasi fenol dengan konsentrasi 300 ppm. Pada penelitian ini digunakan fenol sebagai adsorbat karena limbah fenol ini sangat berbahaya bagi kehidupan dan biasanya limbah ini dihasilkan dari industri kecil hingga industri besar. Proses selanjutnya yaitu dilakukan pengadukan selama 1 jam dan disaring sehingga terjadi pemisahan antara filtrat dan residu. Filtrat yang dihasilkan kemudian dianalisis dengan spektrofotometer UV-Vis (Dwi Putranto, dkk). Pada penelitian ini variabel tetap yang digunakan adalah jenis aktivator, konsentrasi adsorbat, waktu pengadukan, pH aktivasi dan waktu aktivasi sedangkan variabel bebasnya adalah jenis bahan karbon aktif dan massa adsorben.

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, diperoleh hasil seperti pada Gambar. 4.1. Grafik tersebut menunjukkan hasil adsorbansi dari variasi jenis bahan karbon aktif dan massa adsorben. Bahan adsorben yang paling banyak menurunkan konsentrasi fenol adalah bahan adsorben yang di sangrai dengan konsentrasi fenol akhir sebesar 2,15 mg/L jadi konsentrasi fenol yang diserap sebesar 297,85 mg/L pada massa 1,5 g. Berdasarkan grafik tersebut maka dapat diketahui bahwa masing-masing variasi jenis bahan karbon aktif akan mengalami penurunan konsentrasi seiring dengan bertambahnya massa adsorben. Semakin besar massa adsorben maka kemampuan adsorpsinya juga akan mengalami kenaikan. Hal ini disebabkan penambahan massa adsorben akan meningkatkan jumlah total luas permukaan dan jumlah pori yang digunakan untuk mengikat adsorbat dalam proses adsorpsi (Gilar pambayun, dkk).

Persen removal merupakan besarnya konsentrasi fenol yang terserap oleh karbon aktif per konsentrasi awal fenol sedangkan kapasitas adsorpsi adalah banyaknya jumlah adsorbat yang dapat di adsorpsi tiap gram karbon aktif. Hasil yang diperoleh dari penelitian ini adalah jenis bahan karbon aktif yang efisiensi penyerapannya paling tinggi adalah jenis bahan karbon aktif disangrai sebesar 99,28% dengan massa karbon aktif 1,5 g dan berbanding terbalik dengan kapasitas adsorpsinya yang hanya mencapai 39,71 mg/g pada massa yang sama.

2. Pengaruh Variasi massa dan Jenis bahan karbon aktif

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, diperoleh hasil seperti pada Gambar. 4.2. Grafik tersebut menunjukkan hasil efisiensi penyerapan dari variasi jenis bahan karbon aktif dan massa adsorben. Berdasarkan grafik tersebut maka dapat diketahui bahwa masing-masing jenis bahan karbon aktif akan mengalami kenaikan persen removal seiring dengan bertambahnya massa adsorben. Dari hasil penelitian tentang pengaruh massa karbon aktif ini juga menunjukkan nilai kapasitas adsorpsi semakin menurun dengan bertambahnya massa adsorben. Hal ini dikarenakan pada saat ada

peningkatan massa adsorben maka ada peningkatan presentase nilai efisiensi adsorpsi dan penukapasitas adsorpsi (Nurhasni, dkk).

Salah satu sifat kimia dari karbon aktif yang mempengaruhi kualitas karbon aktif adalah kadar air. Pengujian kadar air dilakukan dengan memanaskan karbon aktif dalam oven pada suhu 105 oC selama 1 jam lalu ditimbang sampai mencapai berat yang konstan (Ari Budiono, dkk). Berdasarkan tabel 4.2 dapat dilihat bahwa pada karbon kulit salak mengalami penurunan kadar air sesudah aktivasi. Hasil kadar air sebelum aktivasi sebesar 2,57%. Sesudah dilakukan aktivasi kadar air karbon kulit salak dijemur, dioven dan di sangrai secara berturut-turut sebesar 2,41%; 2,29% dan 2,03%.

Kadar air yang dihasilkan dari penelitian ini memenuhi standar kualitas karbon aktif berdasarkan SII 0258-88 yaitu maksimal 15% untuk karbon aktif bentuk serbuk (Azhary, dkk). Secara keseluruhan kadar air hasil penelitian ini relatif kecil, hal ini menunjukkan bahwa pada saat karbonisasi air yang terikat pada bahan baku lebih dahulu keluar sebelum diaktivasi. Penurunan kadar air sangat erat hubungannya dengan sifat higroskopis dari aktivator. Terikatnya molekul air yang ada pada karbon aktif oleh aktivator menyebabkan pori-pori pada karbon aktif semakin besar. Semakin besar pori-pori maka luas permukaan karbon aktif semakin bertambah. Bertambahnya luas permukaan ini mengakibatkan semakin meningkatnya kemampuan adsorpsi dari karbon aktif. Meningkatnya kemampuan adsorpsi dari karbon aktif maka semakin baik kualitas dari karbon aktif tersebut (Pambayun, dkk).

5. Kesimpulan

1. Bahan adsorben yang paling banyak menurunkan konsentrasi fenol adalah bahan adsorben yang di sangrai dengan konsentrasi fenol akhir sebesar 2,15 mg/L jadi konsentrasi fenol yang diserap sebesar 297,85 mg/L pada massa 1,5 g. Berdasarkan hasil analisis dapat diketahui bahwa masing-masing variasi jenis bahan karbon aktif akan mengalami penurunan konsentrasi seiring dengan bertambahnya massa adsorben. Semakin besar massa adsorben maka kemampuan adsorpsinya juga akan mengalami kenaikan.
2. Masing-masing jenis bahan karbon aktif akan mengalami kenaikan persen removal seiring dengan bertambahnya massa adsorben. Dari hasil penelitian tentang pengaruh massa karbon aktif ini juga menunjukkan nilai kapasitas adsorpsi semakin menurun dengan bertambahnya massa adsorben. Hal ini dikarenakan pada saat ada peningkatan massa adsorben maka ada peningkatan presentase nilai efisiensi adsorpsi dan penukapasitas adsorpsi

REFERENSI

- Allen, L.J.S. (2003). *An Introduction to Stochastic Processes with Applications to Biology*. USA: Pearson Education, Inc.
- Allen, L.J.S. & Amy M.B. (2000). Comparison of Deterministic and Stochastic SIS and SIR Models in Discrete Time. *Mathematical Bioscience*. Vol.163:1-33.
- Baker, D.B. (1998). Use of a Mathematical Model to Evaluate Breast Cancer Screening Policy. *Health Care Management Science*. Vol.1:103 - 113.
- Chao, C.M., B.W.Cheng, Y.W. Yu, & Y.L. Kuo. (2014). Construction the Model on the Breast Cancer Survival Analysis Use Support Vector Machine, Logistic Regression and Decision Tree. *Journal of Medical System*. Vol.38:106.
- Collet, D. (2003). *Modelling Survival Data in Medical Research*. 2nd Ed. Boca Raton London New York Washington, D.C. : Chapman & Hall/CRC Press Company.
- Diogban, J. & Ozoje M.O. (2012). Survival Analysis of Average Recovery Time of Tuberculosis Patients in Northern Region, Ghana. *International Journal of Current Research*. Vol.4: 123 - 125.
- Enderling, H., Mark A.J.C., Alexander R.A.A., Jayant S.V. (2007). A Mathematical Model of Breast Cancer Development Local Treatment and Recurrence. *Journal of Theoretical Biology*. Vol.246:245 - 259 doi:10.1016/j.jtbi.2006.12.010.
- Infodatin. (2015). Stop Kanker. Jakarta Selatan : Pusat Data dan Informasi Kementerian Kesehatan RI.
- Imane, E.B., Bouyaghroumi J., Namir A., & Ezzbady S. (2014). Stochastic Study for SIR Model. *Applied Mathematical Sciences*. Vo.8:405 - 413.
- Kermack, W.O., & A.G. McKendrick (1927). A Contribution of the Mathematical Theory of Epidemics. *Proceedings of the Royal Society of London, Series A, Containing Papers of a mathematical and Physical Character*. Vol.115:700 -721. The Royal Society.
- Kleinbum, D.G. & M. Klein. (2012). *Survival Analysis. A Self-Learning Text*. 3rd ed. New York : Springer.
- Kontz, S. & N.L. Johnson. (1982). *Encyclopedia of Statistic Science*. Vol.1. New York : John Wiley & Sons, Inc.
- Lakone, P.E. & B.F. Finkenstadt. (2006). Statistical Inference in a Stochastic Epidemic SEIR Model with Control Intervention: Ebola as a Case Study. *Biometrics*. Vol.62:1170 - 1177.

- Lee, E.T. & J.W.Wang. (2003). *Statistical Methods for Survival Data Analysis*. New Jersey : John Wiley & Sons, Inc.
- Mardiana, L. (2007). *Kanker pada Wanita. Pencegahan dan Pengobatan dengan Tanaman Obat*. Jakarta : Penebar Swadaya.
- Mode, C.J., & C.K. Sleeman. (2000). *Stochastic processes in epidemiology: HIV/AIDS, other infectious diseases, and computers*. Singapore: World Scientific.
- Moolgavkar, S.H., Nicholas E.D., & Richard G.S. (1980). Two-Stage Model for Carcinogenesis: Epidemiology of Breast Cancer in Female. *Journal of the national Cancer Institute*. Vol.65:559 - 569.
- Nagle, R.K., E.B. Saff, & A.D. Snider. (2012). *Fundamentals of Differential Equations and Boundary Value Problems* (Sixth ed.). USA: Pearson Education, Inc.
- National Cancer Institute. (2017). *Breast Cancer*. <http://cancer.gov/types/breast>. Diakses tanggal 9 Juni 2017.
- Noor Asih, T.S., Suzanne L., Steven W., Lina A., Fajar A.K., Mardiah S.H., & Jonathan F. (2015). The Dynamics of HPV Infection and Cervical Cancer Cells. *Bull Math Biol*. Vol.78:4-20 doi:10.1007/s11538-015-0124-2.
- Praptono. (1986). *Materi Pokok Pengantar Proses Stokastik I*. Jakarta: Karunika.
- Speer, J.F., V.E. Petrosky, M.W. Retsky, & R.H. Wardwell. (1984). A Stochastic Numerical Model of Breast Cancer Growth that Simulates Clinical Data. *Cancer Research*. Vol.44:4124 – 4130.
- Sukardja, I.D.G. (2000). *Onkologi Klinik*. Edisi 2. Airlangga University Press.