



Pemanfaatan Limbah Tempurung Kelapa (*Cocos Nucifera* L) sebagai Komposit Agen Antibakteri pada Pengolahan Limbah Rumah Sakit

Rais Nur Latifah✉

Jurusan Kimia, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Walisongo Semarang
Jalan Prof. Hamka (Kampus II), Ngaliyan, Kota Semarang 50185

Info Artikel

Diterima Juli 2020

Disetujui Agustus 2020

Dipublikasikan November
2020

Keywords:

Ag / KAA
limbah mikrobiologi
reactor alir

Abstrak

Pemanfaatan limbah tempurung kelapa (*Cocos nucifera* L) sebagai komposit agen antibakteri logam Ag / Alumina- karbon aktif untuk membuat Lapisan antibakteri pada pengolahan limbah cair terkontaminasi mikrobiologi pada rumah sakit. Metode penelitian dilakukan dengan cara preparasi Ag/Alumina-Karbon Aktif yang kemudian diujikan dengan bakteri pada berbagai perbandingan konsentrasi pengemban sehingga diketahui konsentrasi yang efektif untuk membunuh bakteri. Hasil percobaan menunjukkan penyerapan bakteri menggunakan bahan Ag/karbon-Alumina Aktif (Ag/KAA) dengan perbandingan karbon aktif: alumina 1 : 9 mampu mereduksi bakteri 10,47%. Semakin banyak penambahan karbon aktif pada komposit mampu mereduksi bakteri lebih banyak. Hasil penelitian digunakan sebagai dasar dalam penentuan konsentrasi yang tepat untuk digunakan dalam alat. Alat penyaring didesain dengan menggunakan reaktor dengan 2 kali penyaringan yaitu menggunakan Ag/KAA pada penyaringan pertama dan hanya KAA pada penyaringan kedua. Hasil penelitian berupa pembuatan komposit, aplikasi antibakteri, dan rancangan desain alat diharapkan dapat menjadi referensi baru dalam pengolahan limbah mikrobiologi rumah sakit.

Abstract

In this work carried out research on the utilization of waste coconut shell (*Cocos nucifera* L) as metal composite Ag / alumina activated carbon to create an anti-bacterial coating on the treatment of wastewater contaminated microbiology at the hospital. Method of preparation of research done by Ag / Alumina-Activated Carbon which is then tested by comparison of the concentration of bacteria at various known bearers so that the effective concentration to kill bacteria. The experimental results showed that the absorption of bacteria using material Ag / carbon-Active Alumina (Ag / KAA) with a ratio of activated carbon: alumina 1 : 9 could reduce 10.47% of bacteria. The more the addition of activated carbon in the composite can reduce more bacteria. The results of the study are used as a basis in determining the appropriate concentration for use in the tool. Tool filter designed using the reactor is 2 times filtering using Ag / KAA at the first screening and the second screening only at the KAA. The results of the study in the form of composite manufacture, anti-bacterial applications, and design tool design is expected to be the new reference in sewage treatment hospital microbiology.

© 2020 Universitas Negeri Semarang

✉ Alamat korespondensi:
UIN Walisongo, Semarang 50185
E-mail: rais.nurlatifah@walisongo.ac.id

Pendahuluan

Rumah sakit merupakan fasilitas sosial yang tidak dapat dipisahkan dari masyarakat. Keberadaannya sangat diharapkan oleh masyarakat karena sebagai manusia atau masyarakat tentunya menginginkan agar kesehatan lingkungan tetap terjaga. Namun, pembuangan limbah yang dihasilkan dari rumah sakit tidak seutuhnya dapat memberikan kebaikan pada masyarakat. Air limbah yang berasal dari limbah rumah sakit merupakan salah satu sumber pencemaran air yang sangat potensial. Hal ini disebabkan karena air limbah rumah sakit mengandung senyawa organik yang cukup tinggi juga kemungkinan mengandung senyawa-senyawa kimia lain serta mikro-organisme patogen yang dapat menyebabkan penyakit terhadap masyarakat di sekitarnya. Air limbah rumah sakit umumnya mempunyai komposisi yang hampir sama dengan limbah rumah tangga atau domestik. Perbedaannya adalah adanya kandungan mikroorganisme, bahan kimia beracun dan bahan radioaktif yang terdapat limbah rumah sakit (Anonim, 1995).

Limbah tempurung kelapa dapat dimanfaatkan sebagai produk karbon aktif. Karbon aktif yang terbuat dari tempurung kelapa dapat diolah secara sederhana melalui proses aktivasi dan karbonasi. Pada umumnya, luas permukaan karbon aktif berkisar antara 300-3500 m²/gram. Karbon aktif memiliki sifat kapasitas adsorpsi tinggi, sifat kimia yang special, luas permukaan serta ukuran pori yang besar. Adsorptivitas karbon aktif bergantung pada volume pori, oleh sebab itu sifat mekanik dari karbon aktif sangat lemah. Sedangkan alumina merupakan senyawa kimia dari alumina dan oksigen dengan rumus kimia Al₂O₃. Alumina memiliki sifat mekanik dan keelektrikan yang stabil (Newton *et al.*, 2004) dan mampu berinteraksi kuat dengan oksida logam sehingga mampu menutupi kelemahan dari karbon aktif. Komposit Alumina-Karbon aktif memiliki kemampuan adsorptivitas polutan dengan sifat fisika dan kimia yang cukup baik, akan tetapi tidak memiliki agen antibakteri yang mampu membunuh bakteri. Sementara Logam Ag merupakan logam yang mempunyai sifat antibakteri yang baik.

Dengan berbagai permasalahan tersebut maka kami melakukan penelitian tentang pembuatan reaktor alir antibakteri yang berbahan Ag/Karbon Aktif-Alumina. Dengan adanya reaktor alir ini diharapkan dapat digunakan sebagai salah satu fasilitas dalam pengolahan limbah rumah sakit.

Metode

Pembuatan Karbon Aktif dari Tempurung Kelapa. Tempurung kelapa dicuci terlebih dahulu untuk menghilangkan pengotor kemudian dijemur di bawah sinar matahari. Tempurung kelapa kemudian dikarbonisasi pada suhu 350°C menggunakan *furnace*. Karbon yang diperoleh ditumbuk dan diayak dengan ukuran 100 *mesh* kemudian dicuci dengan aquades. Karbon kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu 105°C selama 1 jam. Aktivasi karbon dengan merendam karbon pada larutan ZnCl₂ 1M selama 24 jam. Kemudian dicuci dengan aquades hingga tercapai pH netral kemudian dikeringkan di dalam oven pada suhu 110°C selama 24 jam.

Pembuatan Komposit KAA dari Tempurung Kelapa. Disiapkan 5 buah gelas beker 100 mL masing-masing diisi dengan 5 g campuran alumina dan karbon aktif dengan penambahan karbon aktif 10, 20, 30, 40, 50% dan 5 mL aquades kemudian diaduk kuat selama 30 menit diikuti dengan penambahan 1,4 g sukrosa sebagai pengikat dan terus diaduk selama 15 menit. Pasta yang terbentuk disimpan selama 24 jam dan dikeringkan dalam oven pada suhu 105°C selama 1 jam. Sampel kering dikalsinasi pada suhu 250 °C.

Pembuatan Ag-KAA. Ag-KAA dibuat dengan cara melarutkan logam Ag dalam 100 mL aquades dan KAA dalam 100 mL aquades. Kemudian dilakukan proses refluks pada suhu 60°C selama 4 jam. Dari Ag-KAA yang diperoleh dari hasil refluks kemudian dilakukan pencucian dengan aquades. Kemudian dilakukan proses penyarangan dan diperoleh residu berupa Ag-KAA yang berwarna hitam keputihan.

Koloni bakteri dalam reaktor alir berbahan Ag/KAA. Memasukkan kain kedalam gelas kaca yang sudah di desain sedemikian rupa seperti pada gambar dibawah ini. Kemudian baru dimasukkan Ag/KAA dan ditutup kembali dengan glass woll. Setelah itu memasukkan sampel berupa bakteri dengan variasi perbandingan karbon aktif: alumina. Koloni yang telah melalui proses reaktor alir didiamkan dalam incubator selama 24 jam kemudian diukur dengan menggunakan koloni counter.

Hasil dan Pembahasan

Tempurung kelapa merupakan bahan dasar yang digunakan dalam penelitian ini yang diolah menjadi karbon aktif.

Tabel 1. Hasil proses karbonasi dari tempurung kelapa menjadi karbon

No	Berat awal (g)	Berat kehilangan (g)	Berat akhir (g)	Yield arang (%)	Persentase kehilangan (%)
1	22	3,78	18,82	82,82	17,18
2	30	5,04	24,96	83,20	16,80
3	45	8,33	36,67	81,49	18,51

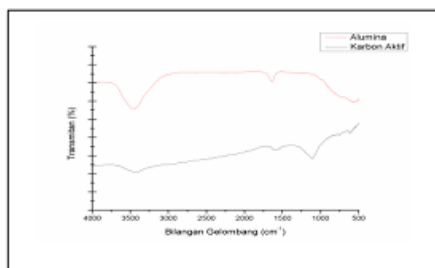
Dari proses karbonisasi tempurung kelapa yang ditunjukkan pada table didapatkan hasil rata-rata tempurung kelapa yang terbentuk adalah sebesar 82,5% dari berat awal tempurung kelapa yang dipanaskan di dalam furnace. Karbon yang telah terbentuk kemudian dilakukan aktivasi menjadi karbon aktif sehingga terjadi penghilangan hidrogen, gas-gas dan air dari permukaan karbon yang mengakibatkan adanya perubahan fisik pada permukaannya. Aktivasi ini terjadi karena terbentuknya gugus aktif akibat adanya interaksi radikal bebas pada permukaan karbon dengan atom-atom oksigen dan nitrogen. Berikut merupakan tabel sifat fisik dan kimia dari karbon aktif.

Tabel 2. Sifat fisik dan kimia dari karbon aktif

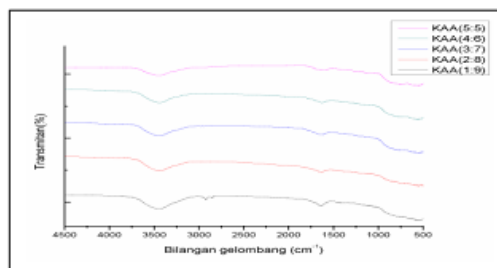
Jenis persyaratan	Parameter	Hasil penelitian (%)
Kadar air	Maksimum 15%	1,868
Kadar zat menguap	Maksimum 25%	15,401
Kadar karbon terikat	Minimum 65%	77,020
Kadar abu	Maksimum 10%	5,705

Berdasarkan Tabel 2. kadar air dan kadar zat menguap arang yang dihasilkan adalah 1,868% dan 15,401%. Karbon aktif yang dihasilkan sesuai dengan kualitas karbon aktif yang disyaratkan oleh SNI. Dari hasil penelitian, kadar zat menguap tempurung kelapa relatif rendah. Hal ini disebabkan tidak sempurnanya penguraian senyawa non karbon pada waktu proses pengarangan dan menunjukkan banyaknya zat volatile yang terdesak keluar, sehingga mengakibatkan sobekan yang menghasilkan banyak pori pada permukaan arang aktif dan nilai kadar zat menguap yang rendah berpotensi memiliki daya serap yang cukup baik (Kuriyama, 1961). Sedangkan kadar karbon terikat dan kadar abu yang dihasilkan dari arang tempurung kelapa adalah 77,026% dan 5,705%. Kadar karbon yang cukup tinggi ini menunjukkan sedikitnya atom karbon yang bereaksi dengan uap air menghasilkan CO sehingga atom karbon tertata kembali membentuk struktur heksagonal yang cukup banyak sehingga akan mempunyai daya serap yang cukup tinggi (Pari, 2004).

Instrumen FT-IR digunakan untuk mengetahui gugus-gugus fungsional utama yang terdapat di dalam karbon aktif dan alumina. Hasil FT-IR karbon aktif dan alumina disajikan dalam Gambar 1 dan Gambar 2.



Gambar 1. Spektra Alumina-karbon aktif



Gambar 2. Spektra komposit

Dari spektra pada Gambar 1. di atas terlihat bahwa pada alumina hanya terdeteksi gugus vibrasi ulur O-H pada bilangan gelombang di daerah 3452,8 dimana menurut penelitian Amelia *et al.* daerah 3547,09 – 3392,79 cm^{-1} merupakan vibrasi gugus Al-OH. Sedangkan pada bilangan gelombang 744,52 merupakan vibrasi ulur asimetri Al-O pada range bilangan gelombang 1.000-400 cm^{-1} yang merupakan vibrasi tekuk gugus OH dari Al-OH (Amelia *et al.*). Sementara pada karbon aktif terlihat gugus fungsi dari vibrasi ulur O-H, C-O, C=O, C-H aromatik dan C-H *finger print*. Gugus -OH yang dihasilkan dari karbon aktif mempunyai *peak* yang lebih lebar dibandingkan alumina dimana pada karbon aktif vibrasi -OH terdeteksi pada bilangan gelombang 3441,16. Gugus fungsi yang dihasilkan dari karbon aktif ini sesuai dengan karbon aktif dari penelitian yang dilakukan oleh Budiono *et al.* (2012). Karbon aktif yang dihasilkan dari limbah tempurung kelapa yang dilakukan Budiono *et al.* (2012) menginformasikan adanya pita serapan pada bilangan gelombang 3433,29-3425,58 cm^{-1} muncul vibrasi ulur pada gugus O-H. Vibrasi ini didukung pita serapan pada bilangan gelombang 1165,0-1111,0 cm^{-1} yang merupakan vibrasi C-O dan pada bilangan gelombang 1620,35-1581,63 cm^{-1} merupakan vibrasi C=C. Pada penambahan 10% karbon aktif kedalam komposit, menghasilkan vibrasi (-OH) yang paling lebar diantara komposit yang lain pada bilangan gelombang 3499,99. Seiring dengan penambahan karbon aktif yang semakin banyak ini menyebabkan puncak yang semakin tajam pada gugus (-OH). Perubahan peak yang menjadi lebih tajam ini dimungkinkan gugus OH sudah digunakan untuk berikatan dengan alumina. Sedangkan pada vibrasi -CH terbentuk *peak* yang semakin lebar melalui penambahan karbon aktif yang semakin banyak ke alumina. Penambahan karbon aktif 50% mampu menghasilkan peak yang paling lebar dibandingkan dengan penambahan karbon

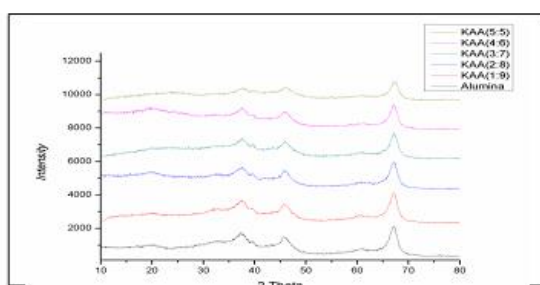
aktif dengan komposisi yang lebih itu penambahan karbon aktif kedalam komposit menyebabkan hilangnya beberapa gugus yaitu C-O, C=C aromatik dan C=O. Sehingga dapat diindikasikan didalam komposit terjadi interaksi secara kimia, yaitu ditandai dengan adanya pergeseran bilangan gelombang dari gugus -OH dan gugus -CH serta adanya gugus C-O, C=O dan C=C aromatik yang hilang setelah penambahan alumina yang semakin banyak kedalam komposit. Selain itu dari terlihat bahwa penambahan karbon aktif dengan komposisi yang semakin banyak memunculkan serapan dari Al-O yang merupakan serapan dari Al-OH alumina. Munculnya serapan Al-O pada komposit tersebut mengindikasikan bahwa alumina telah berhasil dikompositkan dengan karbon aktif (Farda, 2013). Berdasarkan Gambar 2. terlihat adanya pelebaran *peak* pada gugus -OH dibandingkan dengan material awal penyusunnya. Pelebaran ini mengindikasikan berkurangnya gugus OH yang digunakan untuk berikatan antara karbon aktif dan alumina. Selain itu terlihat adanya pergeseran dari bilangan gelombang dari gugus OH komposit ke arah bilangan gelombang yang lebih kecil dibandingkan dari material awalnya. Adanya pergeseran dari bilangan gelombang dari gugus OH komposit dan adanya pelebaran *peak* pada gugus OH mengindikasikan terjadinya ikatan hidrogen antara karbon aktif dan alumina yang terjadi didalam komposit. Disamping itu, spektra variasi komposisi material pengembangan karbon aktif-alumina yang apabila ketika penambahan karbon aktif lebih banyak maka profil FT-IR bergeser mendekati profil karbon aktif dengan kata lain karakter karbon aktif semakin kuat. Sehingga material pengembangan karbon aktif-alumina terbentuk dengan terjadinya interaksi antara karbon aktif dengan alumina melalui ikatan rehidrasi alumina ke karbon aktif (Liu *et al.*, 1989). Hal itu berarti mengikatkan alumina ke karbon aktif yang dapat melalui gugus aktifnya. Gugus aktif yang diikatkan yaitu -OH dengan menggunakan bantuan binder berupa sukrosa untuk memperkuat ikatan antara karbon aktif dengan alumina.

Identifikasi komposisi γ Alumina-Karbon aktif menggunakan XRD pada rentang 2:10-80°. Analisis yang dilakukan meliputi analisis kualitatif yang bertujuan untuk memastikan bahwa sampel yang digunakan sebagai komposit adalah menggunakan pengembangan alumina. Hal ini dikarenakan setiap material mempunyai pola difraktogram yang khas. Analisis kualitatif XRD terhadap komposit γ Alumina-Karbon aktif dilakukan dengan membandingkan nilai 2 theta pada alumina awal dengan difraktogram dari \komposit KAA. Hasil tertinggi dari difraktogram komposit ditunjukkan dalam Tabel 3.

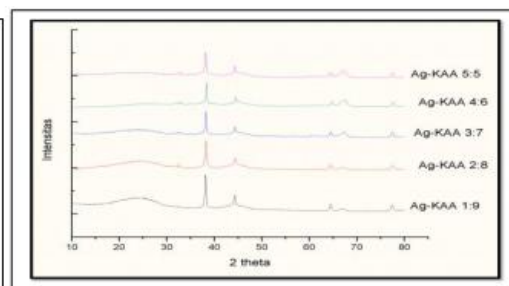
Tabel 3. Hasil tertinggi dari difraktogram komposit

Material	2 Theta			
2 θ Alumina	67,1591	45,8557	37,5294	19,9016
KAA (1:9)	67,0841	45,9307	37,3794	19,6015
KAA (2:8)	66,9341	45,8557	37,1543	19,7516
KAA (3:7)	67,0841	45,7807	37,6794	19,6015
KAA (4:6)	67,0091	45,7807	37,1543	19,8266
KAA (5:5)	67,3242	45,9307	37,6044	19,8266

Puncak tertinggi dari komposit γ Alumina-Karbon aktif mempunyai nilai 2 θ yang sesuai data γ Alumina dan karbon standar sehingga senyawa yang dicirikan pada difraktogram sampel komposit tersebut adalah γ Alumina-Karbon aktif.



Gambar 3. Difraktogram KAA

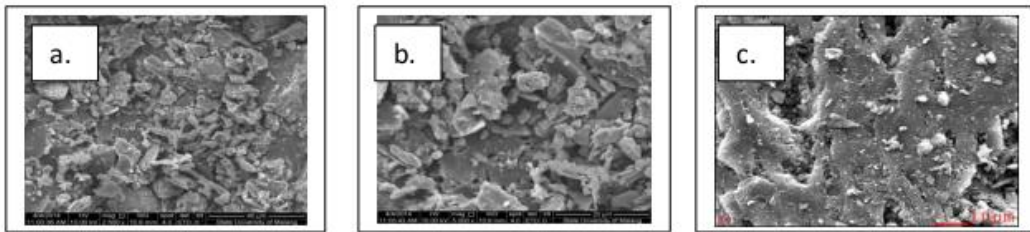


Gambar 4. Difraktogram komposit

Gambar 3. menunjukkan adanya empat puncak tertinggi dari alumina yaitu di daerah 2 θ : 19,9016; 37,5294; 45,8557; 67,1591. Pada puncak dofraktogram yang dihasilkan komposit tidak terjadi pergeseran yang signifikan dibandingkan material awalnya. Semakin banyak penambahan karbon aktif ke alumina menyebabkan terjadinya penurunan intensitas pada puncak komposit. Pada daerah 2 θ : 18-25° terjadi

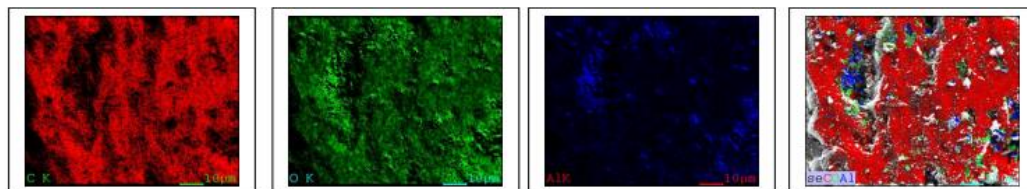
perubahan puncak dari komposit. Dimanapada puncak tersebut terjadi pelebaran puncak menjadi bentuk amorph. Hal tersebut mengindikasikan bahwa telah terjadi pengkompositan antara karbon aktif dengan alumina dimana pada daerah $2\theta = 25^\circ$ adalah puncak karbon. Adanya perubahan bentuk puncak tersebut menunjukkan bahwa karbon aktif telah berhasil dikompositkan dengan alumina. Kemudian dari komposit KAA dilakukan proses impregnasi dengan menggunakan logam Ag. Dari data XRD terlihat bahwa terjadi penurunan intensitas pada puncak khas yang dimiliki oleh alumina. Pada daerah $2\theta=18-25^\circ$ terjadi pelebaran puncak menjadi bentuk amorph yang merupakan puncak khas yang dimiliki karbon aktif. Dari gambar diatas terlihat adanya puncak baru pada daerah $2\theta= 38^\circ$ yang merupakan puncak khas yang dimiliki oleh logam Ag. Hal ini mengindikasikan bahwa antara Ag dengan KAA telah berhasil dikompositkan.

Hasil analisis dengan menggunakan SEM digunakan untuk mengetahui morfologi permukaan dari komposit yang dihasilkan. Pada Gambar 5. disajikan hasil pengujian dengan SEM pada komposit KAA dengan perbandingan komposisi komposit KAA 5:5.



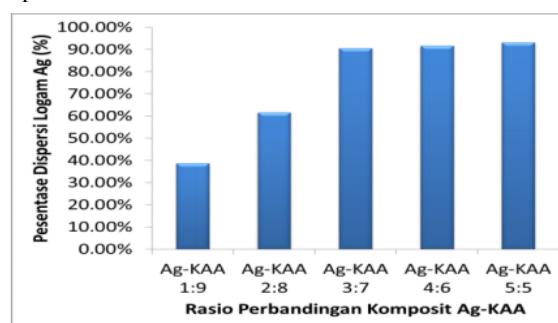
Gambar 5. Hasil uji SEM dari komposit KAA (a) 40 μm (b) 20 μm (c) 10 μm

Kemudian untuk mengetahui pola penyebaran karbon aktif dan alumina dianalisis dengan menggunakan SEM EDAX. Hasil pengujian disajikan dalam Gambar 6.



Gambar 6. Hasil SEM EDAX (a) Karbon (b) Oksigen (c) Alumina (d) Komposit KAA

Hasil karakterisasi dari komposit menggunakan SEM dapat dilihat pada Gambar 6. pada gambar tersebut merupakan gambar dari morfologi komposit KAA dengan perbandingan 5:5. Pengukuran dilakukan dengan perbesaran 2.500 dan 5.000 kali. Dari gambar SEM yang diperoleh menunjukkan bahwa karbon aktif menutupi permukaan alumina. Penumpukan karbon aktif pada permukaan alumina menyebabkan permukaan alumina menjadi tertutup oleh karbon aktif. Dari Gambar 6. terlihat terjadi penumpukan karbon aktif pada permukaan alumina. Adanya penumpukan karbon aktif di permukaan alumina menyebabkan situs aktif dari alumina tertutupi oleh karbon aktif. Hal ini mempengaruhi dari sifat keasaman yang dimiliki oleh alumina dimana mampu menurunkan keasaman alumina dan akan mempengaruhi bentuk struktur dari komposit yang dihasilkan. Berikut merupakan penyebaran Logam Ag yang terdispersi kedalam komposit KAA.



Gambar 7. Penyebaran logam Ag pada komposit KAA

Pada Gambar 7 di atas terlihat bahwa logam Ag terdispersi paling banyak pada komposit KAA 5:5. Logam Ag mampu terdistribusi secara merata pada permukaan komposit. Sehingga adanya penyebaran yang merata pada permukaan komposit ini mampu menyerap dan mematikan bakteri *S. Aerus*. Sehingga akan memberikan daya adsorpsi yang maksimal ketika diaplikasikan dalam limbah rumah sakit.

Luas permukaan dinyatakan dalam jumlah total luas permukaan sampel yang berbentuk serbuk dalam setiap massa sampel. Hasil luas permukaan dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Analisis luas permukaan dari volume pori

Sampel	Luas permukaan (m ² /g)	Volume pori (cc/g)
Karbon aktif	7,588	1,142
Alumina	180	0,224
Karbon aktif 10%	55,936	1,110
Karbon aktif 20%	35,918	7,606
Karbon aktif 30%	35,533	7,635
Karbon aktif 40%	24,392	5,189
Karbon aktif 50%	15,968	3,189

Dari Tabel 4. dihasilkan luas permukaan yang diperoleh dari hasil pengukuran dengan menggunakan SAA (*Surface Area Analyzer*). Hasil luas permukaan karbon aktif dan alumina yang diperoleh adalah 7,588 m²/g dan 180 m²/g. Luas permukaan karbon aktif yang dihasilkan lebih rendah apabila dibandingkan dengan literatur yaitu 100-300 m²/g, hal ini disebabkan suhu yang digunakan dalam proses pembuatan karbon aktif relatif rendah yaitu 350°C sedangkan menurut literatur suhu yang digunakan adalah 650°C karena semakin tinggi suhu yang digunakan dalam proses karbonisasi maka luas permukaan karbon aktif yang dihasilkan semakin lebar. Sedangkan luas permukaan alumina sebesar 180 m²/g, hasil yang diperoleh sesuai dengan literatur dimana luas permukaan alumina 150-300 m²/g (Yang, 2003). Luas permukaan material pengemba karbon aktif-alumina dibawah luas permukaan alumina dan diatas karbon aktif. Dari Tabel 4. diatas terlihat bahwa luas permukaan yang paling besar dimiliki komposit yang ditambahkan 10% karbon aktif. Semakin banyak jumlah karbon aktif yang ditambahkan kedalam alumina ternyata menghasilkan luas permukaan yang semakin kecil. Tetapi dari data volum pori yang dihasilkan penambahan karbon aktif ke dalam komposit secara keseluruhan mampu meningkatkan volum pori komposit dibandingkan alumina. awal. Penambahan karbon aktif 10, 20, dan 30% volum pori yang dihasilkan dari komposit semakin bertambah lebar, karena pelat pelat karbon kristalit yang tidak teratur mengalami pergeseran sehingga permukaan kristalit menjadi terbuka. Pergeseran pelat karbon menghasilkan pori yang baru dan mengembangkan mikropori awal dari alumina menjadi makropori yang menghasilkan komposit dengan permukaan pori yang lebih besar. Kemudian volum pori mengalami penurunan ketika penambahan karbon aktif 40 dan 50%, hal ini dimungkinkan penambahan karbon aktif yang semakin banyak kedalam komposit menyebabkan permukaan alumina tertutupi oleh karbon aktif. Hal ini menunjukkan bahwa pada penambahan karbon aktif yang semakin banyak kedalam komposit menyebabkan kerapatan antara karbon aktif dan alumina dalam komposit semakin tinggi sehingga menghasilkan porositas yang rendah sehingga luas permukaan dan volum pori rendah.

Didalam penelitian ini, Ag/KAA digunakan sebagai solusi untuk mereduksi jumlah bakteri. Hal ini didasarkan pada sifat material yang penting dalam serapan yang selektif, pertukaran ion dan aktivitas katalis. Pengompositan karbon aktif dengan alumina mampu meningkatkan kemampuan adsorpsitivitas terhadap polutan udara. Logam perak merupakan salah satu agen antibakteri yang mampu menghambat pertumbuhan bakteri. Penambahan komposit alumina-karbon aktif pada logam Ag dimungkinkan dapat meningkatkan daya hambat terhadap pertumbuhan bakteri. Menurut Garza (2000) bahwa ion logam untuk antibakteri diimbangkan pada material berpori, logam-logam tersebut antara lain Ag, Cu, Zn, Hg, Sn, Pb, Bi, Cd, Cr dan Ti.

Apabila ketiga bahan ini dapat di-blending secara sempurna, diharapkan komposit ketiga bahan ini mampu menjadi lapisan antibakteri pada limbah rumah sakit. Secara teori, mekanisme peracunan ion logam terhadap mikroorganisme dapat dikelompokkan menjadi 3 kategori yaitu:

1. Ion logam membentuk senyawa kompleks dengan gugus fungsional yang esensial pada mikroorganisme.
2. Ion logam menggantikan ion-ion esensial yang ada pada mikroorganisme.
3. Ion logam memodifikasi bentuk konformasi senyawa aktif yang dimiliki oleh mikroorganisme.

Ion logam asam lunak cenderung untuk menggantikan ion-ion esensial metolenzim pada mikroorganisme. Ion-ion logam asam lunak lebih merusak dinding sel dengan membentuk senyawa kompleks daripada ion-ion logam asam keras (Beveridge, 1998).

Logam perak (AgNO_3) merupakan desinfektan yang paling umum digunakan walaupun bersifat iritasi, korosif dan relatif mahal (Sarles *et al.*, 1956). Menurut Li (2000) bahwa pada konsentrasi yang cukup kecil ($0,78 \mu\text{g/mL}$) dapat menghambat pertumbuhan bakteri *E. Coli*, sehingga ion perak cukup efektif sebagai material antibakteri. Karena ion perak yang sering digunakan peneliti relatif mahal, maka dalam penelitian ini digunakan pengemban yang dibuat dari limbah tempurung kelapa.

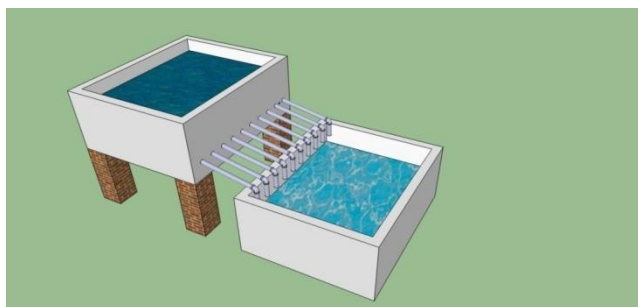
Untuk mengetahui kemampuan dari Ag-KAA, dilakukan penelitian terhadap daya tahan Ag-KAA alam terhadap bakteri dilakukan dengan menguji bakteri dengan Ag-KAA alam sebanyak 1 gram dengan bakteri 100 mikro liter. Cara pengerjaan sesuai dengan cara kerja meliputi preparasi KAA, perkembangbiakan bakteri dan pengujian dengan alat. Hasil dari percobaan ditampilkan pada Tabel 5.

Tabel 5. Persentase koloni bakteri yang tereduksi

Material	Persentase koloni bakteri yang tereduksi	
	Bakteri yang hidup	Bakteri yang mati
Tanpa perlakuan	100	0
Ag-KAA 1:9	10,47	89,53
Ag-KAA 2:8	18,61	81,39
Ag-KAA 3:7	19,77	80,23
Ag-KAA 4:6	24,42	75,58
Ag-KAA 5:5	36,05	63,95

Dari Tabel 5. hasil percobaan kami terlihat bahwa pada Ag-KAA, perbandingan komposit 1:9 mampu mereduksi bakteri 10,47%. Semakin banyak penambahan karbon aktif pada komposit mampu mereduksi bakteri lebih banyak. Kemampuan Ag-KAA dalam mereduksi bakteri meningkat ditandai dengan semakin banyaknya koloni bakteri yang mati yang dikarenakan lepasnya ion Ag-KAA. Pada Ag-KAA (karbon aktif: alumina) 1:9, mampu membunuh bakteri paling banyak. Koloni bakteri yang masih hidup sebesar 10,47% dan mampu membunuh bakteri paling banyak yaitu 89,53%.

Desain dari penyaringan limbah ini jika diaplikasikan ke system pembuangan rumah sakit secara langsung merupakan modifikasi dari bak terakhir. Gambaran dari bak terakhir Ag/KAA adalah seperti yang digambarkan dalam Gambar 8.



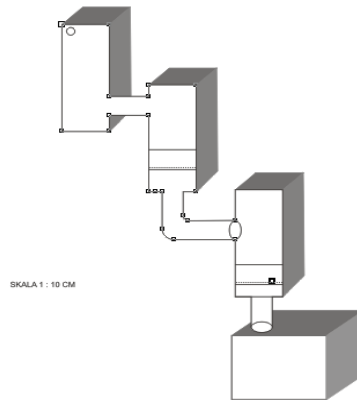
Gambar 8. Rancangan bak terakhir Ag-KAA

Rancangan tersebut merupakan bak terakhir dari limbah yang sebelumnya telah melalui proses sebelumnya, dibak terakhir ini difokuskan pada pengurangan jumlah bakteri yaitu dengan menggunakan Ag-KAA. Untuk memudahkan dan memperkecil kemungkinan bakteri yang lolos bak terakhir dapat dibuat menjadi 4 bak penampungan. Rancangan selanjutnya ini merupakan prototype dari beberapa bak pengolahan air limbah.

Rancangan terdiri dari 4 bak pengolahan yaitu;

1. Bak pertama (30x30x50 cm)

Merupakan bak pembuangan limbah pertama yang masih mengandung banyak limbah mikrobiologi. Bak ini dihubungkan dengan pipa yang terhubung pada bak kedua. Terdapat kran yang digunakan untuk mengatur kecepatan alir limbah supaya mencegah adanya tumpukan limbah yang terlalu banyak atau terlalu sedikit. Air limbah akan masuk melalui bak pertama ini, setelah mencapai ketinggian kurang lebih $\frac{1}{3}$ dari tinggi bak, air akan lewat melalui kran menuju bak kedua.



Gambar 9. Rancangan 4 bak pengolahan

2. Bak kedua (20x20x45 cm)
Bak kedua terdiri dari 2 lapisan dimana lapisan pertama adalah lapisan Ag/KAA dan lapisan kedua merupakan limbah yang telah melalui Ag/KAA. Bagian atas dari bak ini terdapat tutup yang bisa digunakan untuk mengganti komposit jika dirasa daya tahan komposit tersebut menurun. Air dari bak pertama mengalir melalui bak kedua dan mulai disaring dengan Ag/KAA.
3. Bak ketiga (20x20x45 cm)
Bak ketiga terdiri dari 2 lapisan dimana lapisan pertama berisi komposit dan lapisan kedua merupakan air yang telah melalui lapisan komposit. Bak ini juga terdapat tutup pada bagian atas supaya dapat digunakan untuk mengambil bakteri jika dirasa daya tahan komposit menurun. Dalam bak kedua tidak digunakan Ag/KAA melainkan digunakan KAA. Hal ini bertujuan agar kemungkinan Ag yang lepas dari bak kedua dapat ditampung pada bak ketiga, sehingga logam tersebut tidak terbuang percuma dan dapat menghemat pengeluaran nantinya.
4. Bak keempat (40x30x30 cm)
Bak keempat merupakan bak terakhir yang didalamnya berisi air limbah dimana bakterinya telah berkurang karena telah melalui 2 kali penyaringan. Air limbah yang ada di bak terakhir ini diuji berkurangnya bakteri. Dari bak keempat ini diharapkan air yang dihasilkan lebih aman.

Simpulan

Limbah tempurung kelapa dapat digunakan menjadi suatu komposit karbon aktif alumina. Logam Ag yang diimpregnasikan kedalam komposit karbon aktif alumina menjadi suatu bahan antibakteri yang dapat mereduksi bakteri 89,53% pada perbandingan karbon aktif: alumina 1:9.

Daftar Pustaka

- Anonim. 1995. *Buku Pedoman Sanitasi Rumah Sakit*. Direktorat Jenderal Pemberantasan Penyakit Menular dan Penyehatan Lingkungan. Departemen Kesehatan RI. Jakarta
- Beveridge, T.J., dan Ronald, J.D. 1989. *Metal Ions and Bacteria*. John Wiley & Sons Inc. Pennsylvania
- Cowan, M.M., Abshire, K.Z., Houk, S.L., Evans, S.N. 2003. *Antimicrobial Efficacy of a Silver-Zeolite Matrix Coating on Stainless Steel*. <http://www.carrier.com> (diakses pada tanggal 6-2-2006)
- Garza, R., Olguin, M.T., Garsia-Sosa, I., Alcantara, D., Rodriguez-Fuentes, G. 2000. Silver Support on Natural Mexican Zeolite as an Antibacterial Material. *Microporous and Mesoporous Material*, 39: 431-444
- Hamdan. 1992. *Introduction to Zeolite Synthesis, Characterization and Modification*. University of Malaysia
- Lerrick, R.I. 2004. Pembuatan Perak-Montmorilonit sebagai Bahan Antibakteri *Escherichia Coli*. *Skripsi*. FMIPA UGM. Yogyakarta
- Li, B., Yu, S., Jim, Y.H., dan Shi, S. 2002. Antibacterial Vermiculite Nano-Material. *Journal of Mineral & Materials Characterization & Engineering*, 1: 61-68
- Liu, J., Yoda, S., He, J., Deng, L., Fan, K. & Rong, L. 2013. A Novel Method of Preparing Ni-Mo/ γ -Alumina Catalysts for Hydrocracking. *J. Chem. Lett*, 43: 310-312.

- Oudejans, J.C. 1984. *Zeolite Catalysis in Some Organic Reaction*. Chemical Reseach. Holland
- Suhala, S., dan M. Arifin. 1997. *Zeolit*, dalam Suhala, S., dan Arifin M., (penyunting), Bahan Industri, Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Minerak. Bandung
- Sururi, R.M., Rachmawati, S.D., Sholichah, M. 2008. Perbandingan Efektifitas Klor dan Ozon sebagai Desinfektan pada Sampel Air dari Unit Filtrasi Instalasi PDAM Kota Bandung. *Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi-II 2008 Universitas Lampung*.