

Pengaruh Konsentrasi Larutan KOH, Waktu Tahan dan Temperatur Aktivasi Kimia Pada Pembuatan Karbon Aktif Dari Bulu Ayam Untuk Pengembangan *Hidrogen Storage*

Ichsan Priambodo¹⁾, Ali Alhamidi¹⁾, Indar Kustiningsih²⁾

¹⁾ Jurusan Teknik Metalurgi, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Banten, Indonesia
Jl. Jenderal Sudirman Km 03 Cilegon, Banten 42435, Indonesia

²⁾ Jurusan Teknik Kimia, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Banten, Indonesia
Jl. Jenderal Sudirman Km 03 Cilegon, Banten 42435, Indonesia

E-mail :priambodoichsan@gmail.com

Abstrak

Bulu ayam merupakan limbah hasil pemotongan bulu ayam. Limbah bulu ayam dapat dimanfaatkan menjadi produk karbon aktif. Pembuatan karbon aktif dilakukan dengan proses karbonisasi (proses pengarangan), proses grinding, proses aktivasi kimia dan proses aktivasi fisika. Tujuan penelitian ini yaitu menganalisa pengaruh konsentrasi KOH, waktu tahan dan temperatur aktivasi kimia terhadap luas permukaan pori. Berdasarkan hasil pengujian analisa proximate didapatkan nilai fix carbon sebesar 49,18% dan 65,8% unsur karbon hasil analisa ultimate. Proses pembuatan karbon aktif dimulai dengan proses karbonisasi dengan temperatur 400°C dan waktu tahan selama 2 jam hingga menjadi karbon. Karbon melalui tahap proses grinding dan sieving dengan ukuran 100# dan 10 gram hasil sieving digunakan untuk analisa proximate dan ultimate. Proses selanjutnya yaitu aktivasi kimia, temperatur aktivasi kimia yang digunakan yaitu temperatur 30°C dan temperatur 80°C, waktu tahan aktivasi kimia yang digunakan yaitu 60 menit dan 120 menit, untuk konsentrasi KOH yang digunakan yaitu 1M, 2M dan 3M. Karbon aktif hasil aktivasi kimia lalu dibersihkan hingga bersih menggunakan 0,1M HCl dan aquades. Proses selanjutnya proses drying dengan temperatur 100 °C selama 240 menit dan aktivasi fisika dengan temperatur 500°C selama 60 menit dengan activating agent gas Argon. Karbon aktif di uji BET (surface area) dan foto SEM untuk melihat pori karbon aktif. Hasil BET untuk luas permukaan pori paling besar terjadi pada temperatur aktivasi kimia 80°C, konsentrasi larutan KOH 3M dan waktu tahan aktivasi kimia selama 60 menit dengan luas permukaan pori sebesar 2,71 m²/g.

KATA KUNCI : *Bulu ayam, karbonisasi, analisa proximate, analisa ultimate, aktivasi kimia, aktivasi fisika, luas permukaan pori.*

PENDAHULUAN

Bulu ayam merupakan limbah hasil pemotongan bulu ayam. Berdasarkan data yang bersumber dari Direktorat Jendral Peternakan tahun 2015 menunjukkan dalam tahun 2010 hingga 2015 produksi daging ayam meningkat. Meningkatnya produksi daging ayam dapat meningkatkan juga limbah bulu ayam, Hal ini diakibatkan meningkatnya industri peternakan ayam khususnya rumah potong ayam serta makin banyak yang membutuhkan daging ayam.

Pemanfaatan limbah bulu ayam saat ini sedang dilakukan untuk mengurangi jumlah limbah. Pemanfaatan limbah bulu ayam yang sedang dikembangkan saat ini salah satunya menjadikan limbah bulu ayam sebagai bahan baku untuk pembuatan karbon aktif. Bulu ayam memiliki protein yang disebut keratin. Keratin serupa dengan komponen protein lainnya secara umum dan tidak tampak substratnya [3]. Umumnya komposisi rata-rata unsur kimia yang terdapat dalam protein adalah karbon 50%, hidrogen 7%, oksigen 16%, belerang 0 – 3% dan fosfor 0 – 3% [4]. Presentase karbon yang cukup tinggi pada bulu ayam dapat digunakan sebagai bahan baku pembuatan karbon aktif.

Tabel 1. Tabel Produksi Daging Ayam dan Bulu Ayam

Tahun	Daging Ayam (Ton) (*)	Bulu Ayam (Ton) (**)
2010	1.214.339	78.932,04
2011	1.337.911	86.964,22
2012	1.400.470	91.030,55
2013	1.497.873	97.361,75
2014	1.524.907	99.118,96

(*) Data Direktorat Jendral Peternakan, 2015 [1]

(**) Berat bulu ayam 4-9% dari bobot hidup ayam [2]
hasil perhitungan diambil angka 6,5 %.

Hidrogen menjadi salah satu bahan bakar yang sedang dikembangkan, karena merupakan bahan bakar yang ramah lingkungan dan berpotensi menggantikan bahan bakar fosil [5]. Bahan bakar hidrogen memiliki keuntungan yaitu hasil pembakaran menghasilkan H₂O, hasil pembakaran gas H₂ dan O₂ [6][7] serta memiliki efisiensi pembakaran 3 kali lebih baik dibandingkan bensin dan solar.

Saat ini teknologi penyimpanan hidrogen ada beberapa macam yaitu dengan cara menyimpan di tangki bertekanan tinggi, tangki hidrogen cair, *sponge* logam dan *alloy*, kimiawi dan *adsorption storage*. [8]. Gas hidrogen mempunyai sifat yang mudah meledak [9], sehingga diperlukan cara penyimpanan yang dapat mengurangi sifat berbahaya pada gas hidrogen. Saat ini sedang dikembangkan cara penyimpanan hidrogen dengan persyaratan yang diatur oleh *U.S Departmen of Energi*. Beberapa persyaratan yang harus dipenuhi yaitu mempunyai kapasitas hingga 2 kg, harga pembuatan sistem penyimpanan hidrogen kurang dari \$300. Material berpori saat ini dikembangkan sebagai media penyimpanan hidrogen dengan cara adsorpsi, fungsinya untuk menurunkan tekanan gas hidrogen saat di simpan di dalam tabung sehingga sifat mudah meledak pada hidrogen dapat dikurangi sebanyak mungkin [10]. Material berpori yang saat ini dikembangkan oleh para peneliti terbuat dari karbon aktif, dikarenakan prosesnya jauh lebih mudah dibandingkan dengan pembuatan *sponge* dari logam dan *alloy*.

Penggunaan bulu ayam sebagai bahan baku untuk pembuatan karbon aktif untuk aplikasi *hydrogen storage* menjadi langkah baru dalam memanfaatkan limbah sebagai media penyimpan energi terbarukan agar energi yang dibutuhkan manusia tetap ada dan pencemaran limbah dapat dikurangi dengan cara memanfaatkannya.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan untuk menganalisa pengaruh konsentrasi KOH, waktu tahan dan temperatur aktivasi kimia terhadap luas permukaan pori. Pengujian yang dilakukan pada penelitian ini yaitu analisa *proximate* dan *ultimate* untuk mengetahui karakteristik secara fisik dan kimia karbon bulu ayam hasil karbonisasi, pengujian BET yang difokuskan untuk mengukur *surface area* pada karbon aktif serta foto SEM untuk melihat pori yang ada pada karbon aktif. Proses lengkap penelitian ini dijelaskan sebagai berikut:

a. Proses Karbonisasi

Proses karbonisasi merupakan proses pembuatan karbon dengan cara membakarnya di sebuah tungku agar bahan baku menjadi karbon. Proses karbonisasi bulu ayam menjadi *feather chicken carbon*. Proses dimulai dari menyiapkan bulu ayam yang sudah dibersihkan dan menimbang bulu ayam sebanyak 190 ± 1 gram, kemudian Memasukkan bulu ayam yang sudah ditimbang ke dalam silinder baja berukuran 5,5 x 40 cm. Setelah itu memasukkan silinder baja yang berisi bulu ayam ke dalam *tube furnace*. Lalu Memanaskan *tube furnace* hingga temperatur 400°C dengan waktu tahan 120 menit dengan mengalirkan gas Ar dan mematikan *tube furnace*

dan tunggu hingga suhu furnace berada di temperatur kamar. Setelah itu karbon dipreparasi dengan proses *grinding* dan *sieving* dengan ukuran 100 #. Ukuran karbon -100# dipakai untuk proses aktivasi.

b. Aktivasi Kimia

Proses aktivasi kimia dilakukan untuk menghilangkan volatil matter dan tar, selain itu proses ini bertujuan untuk membuat pori pada karbon sebagai tempat menempelnya gas hidrogen. Proses dimulai menimbang 8,4gr, 16,8gr dan 25,2 gr kristal KOH lalu mencampur dengan 150 ml aquades hingga menjadi larutan KOH dengan konsentrasi 1M, 2M dan 3M. Buat masing masing larutan KOH 1M, 2M dan 3M sebanyak 3 buah. Masukkan 10 gram karbon yang sudah dipreparasi ke dalam 9 larutan KOH. 3 sampel pertama (campuran karbon dan KOH 1M, 2M dan 3M masing-masing 1 buah) ke dalam oven dan diaktivasi pada temperatur 30°C dengan waktu tahan 60 menit. Sisa jumlah larutan KOH yang telah dicampur karbon diaktivasi pada temperatur 80°C dengan waktu tahan 60 dan 120 menit. Setelah itu membuang larutan KOH hingga menyisakan karbon di gelas beker dan Melakukan pencucian dengan menggunakan larutan HCL 0,1 M sebanyak 1 kali lalu mencuci karbon menggunakan aquades hingga bersih serta melakukan proses *drying* dengan suhu 100 °C selama 240 menit lalu didinginkan dan karbon siap melalui proses aktivasi fisika.

c. Aktivasi Fisika

Aktivasi fisika merupakan lanjutan proses dari proses aktivasi kimia agar mendapatkan luas porositas yang maksimal. Proses dimulai memasukkan karbon yang telah diaktivasi kimia ke dalam crucible dan memasukkannya ke dalam *tube furnace*. Setelah itu Memanaskan *tube furnace* dengan T = 500°C, waktu tahan 60 menit dengan mengalirkan gas Argon. Setelah waktu tahan 60 menit Mendinginkan karbon di furnace hingga karbon berada di temperatur ruang dengan mengalirkan gas Argon. Karbon yang sudah diaktivasi fisika dan kimia lalu diuji dengan uji BET (surface area) untuk mengetahui luas permukaan pori dan foto SEM untuk melihat ada atau tidaknya pori pada karbon aktif.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada proses pembuatan karbon aktif dimulai dengan mengubah bulu ayam menjadi karbon menggunakan proses karbonisasi. Pada proses karbonisasi menggunakan gas argon agar proses karbonisasi minim gas oksigen. Proses karbonisasi dilakukan sebanyak 8 kali untuk mendapatkan data perolehan karbon (*yield* arang). Proses karbonisasi merupakan proses pemecahan bahan-bahan organik menjadi karbon. Proses karbonisasi dibagi menjadi 3 bagian yaitu, bahan baku karbonisasi dibakar pada temperatur diatas 170°C menghasilkan CO, CO₂, dan asam asetat. Pada temperatur 275°C menghasilkan tar dan metanol, sedangkan pada temperatur 400-600°C terjadi pembentukan karbon [11].

Tabel 2. Data Hasil Proses Karbonisasi Bahan Baku Bulu Ayam

Massa Awal (gram)	Massa Akhir (gram)	Massa yang Hilang (gram)	Yield Arang (%)
190,06	58,5	131,56	30,78
190,64	56,35	134,29	29,56
190,52	57,34	133,18	30,1
190,1	58,07	132,03	30,55
190,87	57,65	133,22	30,21
190,39	57,48	132,91	30,2
190,21	56,56	133,65	29,24
190,7	56,85	133,85	29,81
Rata-rata			30,06

Pada Tabel 2. didapatkan hasil bulu ayam yang menjadi karbon rata-rata 30,06% dari berat awal. *Yield* arang pada penelitian ini termasuk kecil dikarenakan oleh banyaknya senyawa yang mudah menguap (*volatile matter*) terlepas [12] seperti gas H₂, CH₄, CO, CO₂ dan tar.

Pada Tabel 3. Merupakan hasil data analisa *proximate*

Tabel 3. Data Hasil Analisa *Proximate*

Analisis	Hasil (% adb)
Air Lembab	3,60
Abu	3,76
Zat Terbang	43,46
Karbon Padat	49,18

Tabel 3 karbon hasil karbonisasi bulu ayam didapatkan nilai *fix carbon* yang cukup tinggi sebesar 49,18% dengan nilai kadar abu serta air lembab yang kecil yaitu 3,76% dan 3,60%, namun memiliki nilai *volatile matter* yang cukup besar yaitu 43,46% dikarenakan unsur yang terdapat *volatile matter* seperti unsur hidrogen, karbon dan oksigen cukup banyak. Kadar unsur karbon, hidrogen dan oksigen pada karbon dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Data Hasil Analisa *Ultimate*

Analisis	Hasil (% adb)
Belerang Total	0,44
Karbon	65,80
Hidrogen	5,13
Nitrogen	13,45
Oksigen	11,42

Pada Tabel 5 merupakan data perolehan *yield* karbon hasil aktivasi kimia.

Tabel 5. Data perolehan *yield* karbon hasil proses aktivasi kimia

mo	T	M	t	mi	(%)
10	30°C	1	60	7,07	70,7
10		2	60	7,02	70,2
10		3	60	6,81	68,1
10	80°C	1	60	7,05	70,5
10		2	60	6,92	69,2
10		3	60	6,89	68,9
10		1	120	6,67	66,7
10		2	120	6,61	66,1
10		3	120	6,55	65,5

Mo = Berat Awal (gr)

T = Temperatur

M = Konsentrasi Larutan

t = Waktu Tahan

mi = Massa Akhir Karbon (gr)

% = *Yield* Karbon Aktif

Yield karbon yang paling kecil yaitu terjadi pada perendaman dengan waktu 120 menit, temperatur aktivasi 80°C dan konsentrasi larutan KOH sebesar 3M. Perbedaan perolehan karbon antara yang paling besar dan paling kecil sebesar 0,52 gram. Perbedaan ini disebabkan pada

perendaman dengan waktu 60 menit, temperatur 30°C dan konsentrasi larutan 1M dimungkinkan masih terdapat *volatile matter* dan tar, sehingga perolehan massa akhir karbon paling besar.

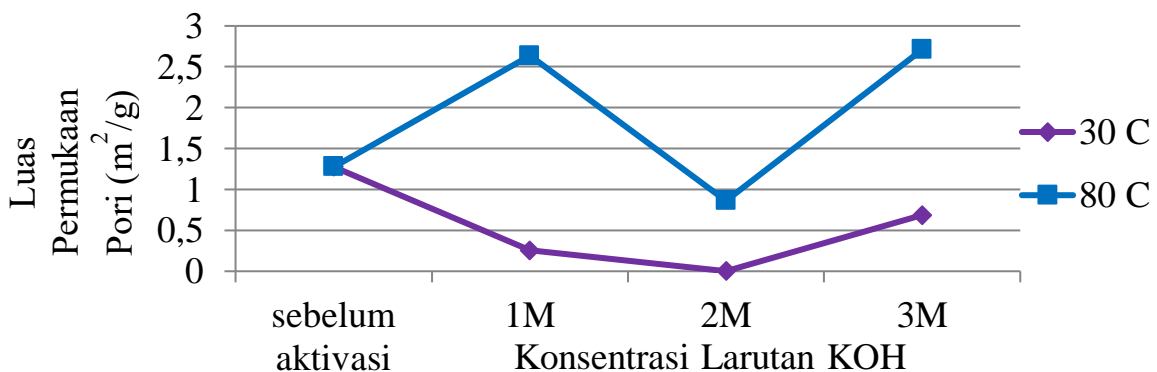
Tabel 6. Data Hasil Aktivasi Fisika

Massa Awal Karbon (gram)	Massa Akhir Karbon (gram)	Massa yang Hilang (gram)	Yield Karbon Aktif A_F (%)
6	3,25	2,75	54,16
6	3,03	2,97	50,5
6	3,13	2,87	52,1
6	3,17	2,83	52,83
6	3,08	2,92	51,33
6	3,2	2,8	53,33
6	3,11	2,89	51,83
6	3,05	2,95	50,83
6	3,1	2,9	51,67
Rata-Rata			52,07

Berdasarkan data pada Tabel 6 *yield* karbon aktif hasil aktivasi fisika sebesar 52,07 %. Penyusutan massa mengakibatkan senyawa mudah menguap (*volatile matter*) terlepas seperti metan, senyawa hidrokarbon, hidrogen, nitrogen, sedangkan jumlah karbon yang terkandung tetap [11]. Selain itu proses aktivasi fisika dapat menghilangkan kadar air pada karbon aktif agar proses adsorpsi lebih maksimal.

Tabel 7. Data BET (*Surface Area*) pada Karbon Aktif

Nama Sampel		Luas Permukaan Pori		
Sampel Sebelum Aktivasi		1,276 m ² /gr		
Temperatur Aktivasi Kimia	Waktu Tahan Aktivasi Kimia	Konsentrasi Larutan KOH		
		1M	2M	3M
30°C	60 Menit	0,255 m ² /gr	0,001 m ² /gr	0,685 m ² /gr
80°C	60 Menit	2,635 m ² /gr	0,862 m ² /gr	2,71 m ² /gr
	120 Menit	1,777 m ² /gr	1,603 m ² /gr	0 m ² /gr

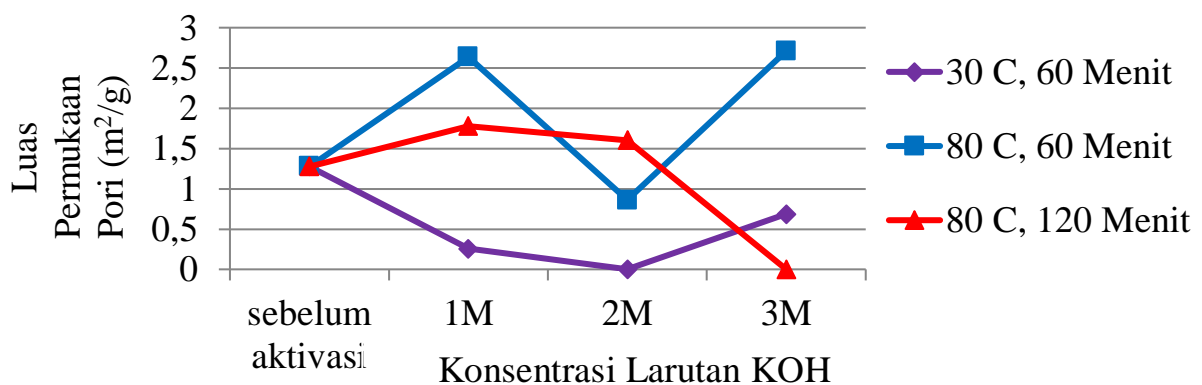


Gambar 5. Grafik Pengaruh Temperatur Larutan KOH Terhadap Luas Permukaan Porositas

Pada Gambar 5 terlihat bahwa pemberian temperatur pada proses aktivasi kimia dapat meningkatkan luas permukaan pori pada karbon hasil aktivasi. Pada konsentrasi 1 M sudah terjadi peningkatan luas permukaan pori dari $0,255\text{m}^2/\text{gr}$ untuk aktivasi kimia pada temperatur kamar ada pada aktivasi kimia dengan memakai temperatur 80°C . Hal ini sama seperti aktivasi fisika, luas permukaan pori dapat bertambah jika temperatur pada proses aktivasi fisika dinaikkan. Menaikkan temperatur aktivasi kimia menghilangkan zat-zat pengotor dalam karbon seperti *volatil matter* dan tar lebih banyak sehingga membuat karbon mempunyai luas permukaan porositas semakin besar.

Pengaruh temperatur aktivasi dapat meningkatkan luas permukaan pori, namun belum diketahui pasti suhu aktivasi maksimum yang dapat digunakan untuk mendapatkan luas permukaan pori yang tinggi. Hal ini perlu diketahui karena pada aktivasi kimia yang menggunakan temperatur yang terlalu tinggi dapat menyebabkan kerusakan pada struktur karbon sehingga lubang pori-pori yang terbentuk terlalu besar dan mengakibatkan rendahnya luas permukaan pori. [13]

Berdasarkan Gambar 6 dapat dilihat bahwa dengan menambahkan konsentrasi larutan dapat mempengaruhi luas permukaan pori pada karbon aktif. Pada waktu tahan aktivasi 1 jam dan temperatur aktivasi berada di temperatur 30°C menunjukkan adanya kenaikan luas permukaan pori pada konsentrasi 1M luas permukaan pori sebesar $0,255\text{ m}^2/\text{gr}$ namun pada konsentrasi 2M luas permukaan pori menurun menjadi $0,001\text{ m}^2/\text{g}$ dan kembali naik pada konsentrasi 3M dengan luas permukaan pori sebesar $0,685\text{ m}^2/\text{gr}$.



Gambar 6. Grafik Pengaruh Konsentrasi Larutan KOH Terhadap Luas Permukaan Porositas

Pada karbon aktif hasil aktivasi kimia pada waktu tahan 1 jam dan temperatur 80°C menunjukkan hal yang sama dengan karbon hasil aktivasi kimia pada waktu tahan 1 jam dan temperatur kamar. Konsentrasi larutan KOH 1 M menghasilkan luas permukaan pori sebesar $2,635\text{ m}^2/\text{g}$, kemudian luas permukaan pori menurun pada konsentrasi 2M menghasilkan luas permukaan pori sebesar $0,862\text{ m}^2/\text{gr}$ dan kembali naik pada konsentrasi 3M dengan menghasilkan luas permukaan pori sebesar $2,71\text{ m}^2/\text{gr}$.

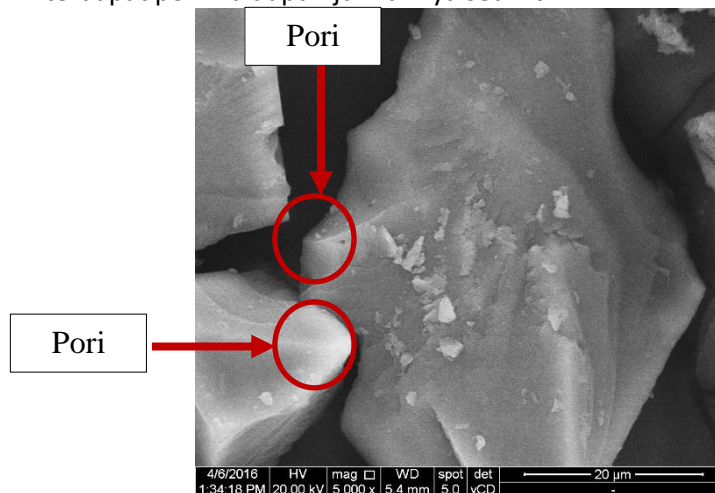
Untuk kasus pada karbon hasil aktivasi pada waktu tahan aktivasi 1 jam dengan temperatur aktivasi pada temperatur 30°C dan temperatur 80°C mengalami kenaikan, namun pada konsentrasi 2M mengalami penurunan diakibatkan karena pada proses pembersihan masih terdapatnya larutan KOH pada pori sehingga menutupi pori sehingga molekul adsorbat tidak masuk ke dalam pori, selain itu jumlah pori yang ada pada karbon aktif konsentrasi 2M tidak terlalu banyak yang berdampak pada luas permukaan pori yang dihasilkan kecil, hal ini dimungkinkan terjadi karena masih banyaknya tar pada karbon hasil karbonisasi sehingga menurunkan proses pembentukan pori dan cenderung lebih banyak melarutkan tar pada saat proses aktivasi kimia.

Pada karbon hasil aktivasi pada temperatur aktivasi sebesar 80°C dengan waktu tahan aktivasi sebesar 2 jam, luas permukaan pori yang dihasilkan menurun. Pada konsentrasi 1M luas permukaan pori yang dihasilkan sebesar $1,777\text{ m}^2/\text{gr}$ kemudian menurun pada konsentrasi 2M

dengan menghasilkan luas permukaan pori sebesar 1,603 m²/gr dan pada konsentrasi 3M luas permukaan sebesar 0 m²/g.

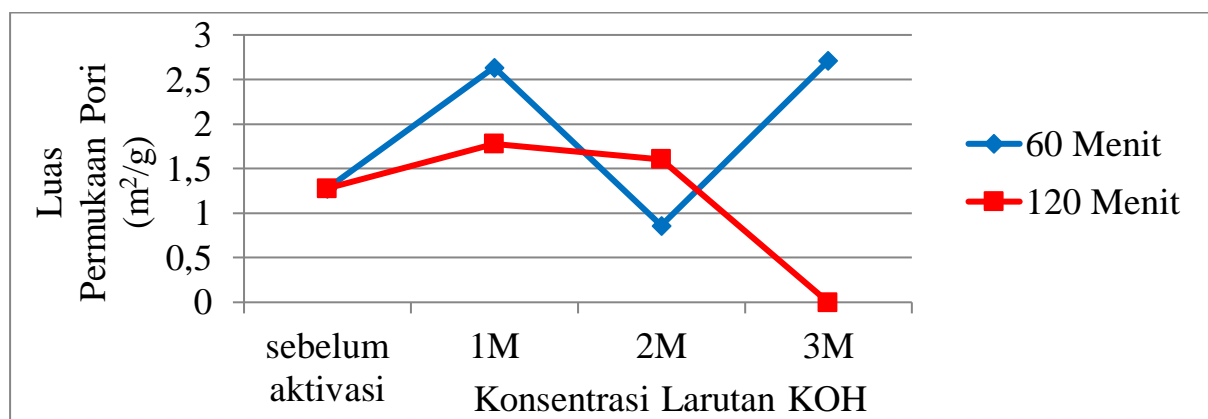
Hasil yang didapat oleh karbon aktivasi pada waktu tahan 2 jam berbeda dengan waktu 1 jam. Semakin tinggi konsentrasi larutan maka semakin kecil luas permukaan pori. Hal ini disebabkan pori-pori yang terbentuk pada karbon aktif menjadi rusak [14]. Selain kerusakan pada pori, peningkatan pemakaian konsentrasi larutan dapat menyebabkan meningkatnya kadar abu [14]. Kandungan abu sangat berpengaruh pada kualitas karbon aktif. Keberadaan abu yang berlebihan dapat menyebabkan terjadinya penyumbatan pori-pori karbon aktif sehingga luas permukaan karbon aktif menjadi berkurang [14].

Pada konsentrasi 3M luas permukaan pori tidak terdeteksi menggunakan pengujian BET, pada hasil SEM terdapat pori walaupun jumlahnya sedikit.



Gambar 7. Hasil SEM pada Konsentrasi 3M, Waktu Tahan 2 Jam dan Temperatur aktivasi 80°C

Hal ini dikarenakan pada proses setelah pembersihan masih terdapat larutan KOH yang menempel pada butir karbon aktif, pada kondisi ini butir karbon tidak pada pH=7. Pada kondisi ini adsorben memiliki kemurnian yang tidak tinggi dikarenakan masih terdapatnya KOH yang ada pada butiran karbon. Adsorben yang memiliki kemurnian lebih tinggi akan memiliki kemampuan adsorpsi yang lebih baik. Serta jumlah molekul adsorbat yang diserap oleh adsorben akan meningkat dengan bertambahnya luas permukaan dan volume pori dari adsorben [6].

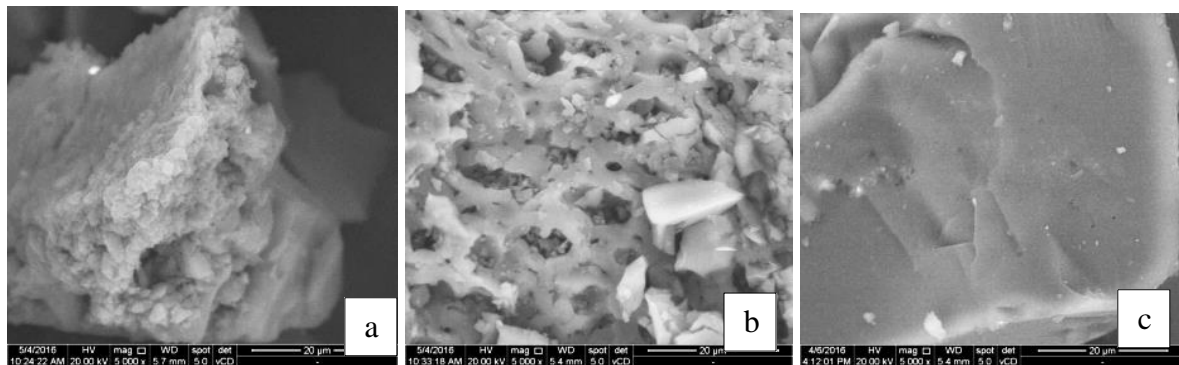


Gambar 8. Grafik Pengaruh Waktu Tahan Aktivasi Pada Proses Aktivasi Kimia Terhadap Luas Permukaan Pori

Berdasarkan Gambar 8 Pengaruh Waktu Tahan Aktivasi Pada Proses Aktivasi Kimia Terhadap Luas Permukaan Pori dapat menurunkan luas permukaan pori. Pada waktu tahan aktivasi selama 60 menit luas permukaan yang dihasilkan umumnya lebih besar dibandingkan dengan waktu tahan aktivasi selama 120 menit.

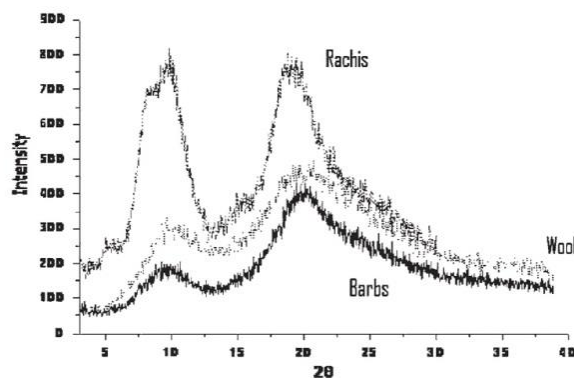
Penurunan luas permukaan pori pada penambahan waktu tahan aktivasi terjadi dikarenakan rusaknya pori. Menurut hasil penelitian yang dilakukan Shofa yang menggunakan bahan baku batang tebu sebagai bahan karbon aktif, dengan menambahkan waktu tahan pada proses aktivasi kimia akan terjadi kerusakan struktur karbon karena pemanasan dengan waktu yang panjang menyebabkan pengikisan/penggerusan karbon berlebihan dan menyebabkan ukuran pori makin besar [13].

Namun pada konsentrasi 2M waktu tahan aktivasi kimia selama 60 menit lebih rendah dibandingkan dengan waktu tahan selama 120 menit. Hal ini karena karbon aktif 2M waktu tahan 60 menit saat proses pembersihan masih ada KOH yang menempel pada karbon aktif sehingga luas permukaan porinya lebih kecil dibandingkan dengan konsentrasi 1M dan 2M pada waktu tahan 60 menit, selain itu jumlah pori yang ada pada karbon aktif konsentrasi 2M tidak terlalu banyak yang berdampak pada luas permukaan pori yang dihasilkan kecil, hal ini dimungkinkan terjadi karena masih banyaknya tar pada karbon hasil karbonisasi sehingga menurunkan proses pembentukan pori dan cenderung lebih banyak melarutkan tar pada saat proses aktivasi kimia.



Gambar 9. Gambar foto SEM (a) Karbon aktif Konsentrasi 1M, waktu tahan 1 jam dan temperatur 80°C (b) Karbon aktif Konsentrasi 3M, waktu tahan 1 jam dan temperatur 80°C (c) Karbon aktif Konsentrasi 1M, waktu tahan 2 jam dan temperatur 80°C

Berdasarkan hasil SEM pada 3 sampel pada Gambar 9 terlihat bahwa pada sampel karbon aktif konsentrasi 1M, waktu tahan 1 jam, temperatur 80°C dan karbon aktif konsentrasi 3M, waktu tahan 1 jam dan temperatur 80°C memiliki pori yang merata dan jumlahnya banyak sedangkan karbon aktif konsentrasi 1M, waktu tahan 2 jam dan temperatur 80°C memiliki pori dalam jumlah yang sedikit dan tidak merata. Hal ini dapat dijelaskan pada Gambar 10



Gambar 10. Intensitas Difraksi dari Bulu Ayam (*Rachis* dan *Barbs*) serta *Wool* [14]

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Narendra Reddy dan Yiqi Yang mengungkapkan bahwa hasil intensitas difraksi bulu ayam khususnya bagian *rachis* memiliki *crystalline peak* lebih tinggi dibandingkan bagian *barbs*, jika *rachis* memiliki *crystalline peak* yang lebih baik [14], bisa dikatakan *rachis* memiliki struktur karbon yang lebih kompak sehingga *rachis* lebih keras dibandingkan *barbs*. Proses aktivasi kimia *activating agent* KOH akan bereaksi dengan karbon dan merusak bagian dalam karbon sehingga membentuk pori-pori semakin banyak [13]. Kemungkinan bahwa pada Gambar 9c merupakan bagian *rachis* dikarenakan *rachis* memiliki struktur yang lebih keras sehingga memerlukan temperatur aktivasi lebih tinggi dan waktu tahan lebih lama agar menghasilkan pori yang seragam. Pada bagian *barbs* akan lebih mudah dibuat pori karena pada penelitian ini bisa didapatkan pori yang lebih banyak dan merata seperti gambar 9 a dan b.

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, didapat kesimpulan bahwa :

1. Proses karbonisasi dilakukan sebanyak 8 kali dengan temperatur 400°C dan waktu tahan selama 120 menit menghasilkan *yield* arang rata-rata sebesar 30,06%.
2. Hasil analisa *proximate* menunjukkan karbon yang berasal dari bulu ayam hasil proses karbonisasi menunjukkan kadar *fixed carbon* sebesar 49,19%, *volatile matter* sebesar 43,46%, kadar abu sebesar 3,76% dan air lembab sebesar 3,6%.
3. Hasil analisa *ultimate* menunjukkan karbon yang berasal dari bulu ayam hasil proses karbonisasi menunjukkan unsur karbon dengan nilai yang cukup tinggi yaitu sebesar 65,8 %
4. Luas permukaan pori optimum dalam proses aktivasi kimia dengan temperatur aktivasi kimia sebesar 80°C dengan konsentrasi larutan sebesar 3M dan waktu tahan aktivasi kimia sebesar 60 menit dengan luas permukaan pori 2,71 m²/g.

REFERENSI

1. Direktorat Jendral Peternakan. Produksi Daging Ayam Ras Pedaging Menurut Provinsi 2010-2014. (2015)
2. Card, L. E. 1962. *Poultry Production*. Lea and Febinger. Philadelphia. London.
3. BR Ketaren, Nurjama'yah., Pemanfaatan Limbah Bulu Ayam Sebagai Sumber Protein Ayam Pedaging Dalam Pengelolaan Lingkungan Hidup. Tesis Magister Fakultas Pertanian Universitas Sumatra Utara, Medan. (2008)
4. Anna Poedjiadi, (1994), Dasar-dasar Biokimia, UI Press, Jakarta.
5. Alimah, Siti., Dewita, Erlan., 2008. Pemilihan Teknologi Produksi Hidrogen Dengan Memanfaatkan Energi Nuklir.
6. Ali, Jauhari. "Pengembangan Adsorben Hidrogen Storage Untuk Aplikasi Fuel Cell Dalam Bentuk Padatan Partikel Nano Karbon Aktif Dengan Bahan Pengikat Liquida Lignoselulosa", Tesis FTUI, Depok. (2012).
7. Dewi, Eniya Listiani. Potensi Hidrogen Sebagai Bahan Bakar Untuk Kelistrikan Nasional, Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia "Kejuangan", Yogyakarta. (2011)
8. Diniati, Mia. Perlakuan Mekanokimia Basah Pada Karbon Aktif Batubara Untuk Media Penyimpanan Hidrogen, Skripsi FTUI, Depok. (2012).
9. Indrayanto, Wisnu., Ali Akbar, Agusta., Pra Rancangan Pabrik Hidrogen Melalui Proses Gasifikasi Batubara Kapasitas 25.000 Ton/Tahun, Skripsi FT Universitas Sebelas Maret, Surakarta. (2012).
10. Awasthia, K., Kamalakaran, R., Singha, A.K., Srivastavaa, O.N. (2002) *Ball-milled Carbon and Hydrogen Storage*. International journal of Hydrogen Energy, 27, 425-432.
11. Sulistyani, Erlinda., Budi, Esmar., Bakri, Fauzi. Pengaruh Temperatur Terhadap Adsorpsi Karbon Aktif Berbentuk Pelet Untuk Aplikasi Filter Air, Seminar Nasional Fisika Universitas Negeri Jakarta, Jakarta. (2013).

12. Rojikhi. Pemanfaatan Hasil Pirolisis Bulu Ayam Sebagai Adsorben Ion Na dan Fe dalam Larutan Simulasi, Skripsi Fakultas Sains dan Teknologi Univeritas Islam Negeri Syarif Hidayatullah, Jakarta. (2011).
13. Shofa. "Pembuatan Karbon Aktif Berbahan Baku Ampas Tebu dengan Aktivasi Kalium Hidroksida", Skripsi FTUI, Depok. (2012).
14. Reddy, Narendra., Yang, Yiqi. *Structure and Properties of Chicken Feather Barbs Natural Protein Fibers*. Journal of Polymers and the Environment. (2007): 81-87