Pengolahan Sampah Plastik Kemasan Minyak Goreng dan Tutup Botol menjadi Karbon Aktif

Kartika Udyani[1], Erlinda Ningsih[2], dan Ambarwati Syahdiana Umar[3]
[1,2,3]Jurusan Teknik Kimia, Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya
E-mail: kudyani@itats.ac.id

ABSTRACT

The use of packaged cooking oil is increasing, resulting in more plastic waste being thrown away so that it can pollute the environment. Cooking oil packaging is made from other types of plastics which are made from several types of resins and are non-recyclable. One of the efforts to reduce environmental pollution is by processing it into activated carbon. This study aims to determine the effect of H_3PO_4 concentration on the Iodine number, to determine the effect of adding a bottle cap on the Iodine number and to determine the operating conditions at the highest Iodine number. The research was conducted by pyrolysis of plastic waste packaging cooking oil mixed with mineral water bottle caps in various comparisons to produce plastic carbon. The next step is the activation of carbon a solid product from the pyrolysis process with a solution of H_3PO_4 at various concentrations, then heating it at a temperature of 600^0C. The resulting product is then analyzed for moisture content and Iodine number. Based on the results of the study it was concluded that the higher the Iodine number the higher the H_3PO_4 concentration, the more bottle caps were added, the higher the Iodine number. The highest iodine number is 1655,623 mg / g at a concentration of 1M and an ingredient ratio of 5: 3 with a water content of 0.592%.

***Key words**: plastic waste, activated carbon, Iodine number, activation, pyrolysis*

ABSTRAK

Penggunaan minyak goreng dalam kemasan semakin meningkat mengakibatkan semakin banyaknya sampah plastik yang dibuang sehingga dapat mencemari lingkungan. Kemasan minyak goreng dibuat dari plastic jenis lain-lain yang terbuat dari beberapa jenis resin dan bersifat tidak dapat didaur ulang. Salah satu upaya mengurangi pencemaran lingkungan adalah dengan mengolah menjadi karbon aktif. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh konsentrasi H_3PO_4 terhadap bilangan Iodin, mengetahui pengaruh penambahan tutup botol terhadap bilangan Iodin dan mengetahui kondisi operasi pada bilangan Iodin tertinggi. Penelitian dilakukan dengan pirolisis sampah plastik kemasan minyak goreng dicampur dengan tutup botol air mineral pada berbagai macam perbandingan untuk menghasilkan karbon plastik. Tahap berikutnya adalah aktivasi karbon yang berupa produk padat dari proses pirolisis dengan larutan H_3PO_4 pada berbagai variasi konsentrasi selanjutnya dilakukan pemanasan pada suhu 600^0C. Produk yang dihasilkan selajutnya dianalisa kadar air dan Bilangan Iodin. Berdasarkan hasil penelitian disimpulkan bahwa bilangan Iodin semakin tinggi dengan semakin tinggi konsentrasi H_3PO_4, semakin banyak penambahan tutup botol maka bilangan Iodin semakin tinggi. Bilangan iod tertinggi adalah 1655,623 mg/g pada konsentrasi 1M dan perbandingan bahan 5:3 dengan kadar air 0,592%

Kata kunci: sampah plastik, karbon aktif, bilangan iod, aktivasi, pirolisis

PENDAHULUAN

Jenis makanan yang membutuhkan proses penggorengan semakin bervarisasi mengakibatkan kebutuhan manusia akan minyak goreng semakin meningkat. Di pasaran minyak goreng kebanyakan dijual dalam kemasan isi ulang dalam plastic. Dengan semakin meningkatnya kebutuhan masyarakat akan minyak goreng akan meningkatkan sampah dari kemasan minyak goreng. Konsumsi minyak goreng dalam kemasan isi ulang yang semakin bertambah banyak jumlahnyasehingga akan menimbulkan permasalahan baru yaitu menumpuknya bekas kemasan minyak goreng. Plastik kemasan minyak goreng termasuk plastik dengan kode 7 yang berarti lain-

lain. Kode lain-lain pada plastik mempunyai arti plastik tersebut teribuat dari campuran berbagai jenis resin dan bersifat tidak dapat didaur ulang. Apabila plastik dengan kode 7 dibuang ke lingkungan maka akan mencemari lingkungan. Hal ini disebabkan plasitk tidak dapat diuraikan oleh mikroorganisme yang ada di tanah. Di samping itu karena sifat plastik yang tidak dapat didaur ulang akan mengakibatkan plastic tidak dapat diolah kembali menjadi plastic yang dapat digunakan sebagai kemasan. Untuk itu, maka perlu dilakukan upaya untuk mengolah plastik agar digunakan untuk produk yang bernilai guna dan bernilai ekonomi sekaligus mengatasi permasalahan lingkungan akibat penumpukan sapah plastik kemasan minyak goreng.

Beberapa upaya telah dilakukan untuk pemanfaatan limbah plastik kemasan minyak goreng antara lain sebagai bahan berbagai produk kerajinan seperti tempat pensil, tas dan hiasan. Disamping itu plastik kemasan minyak goreng juga digunakan untuk sarana menanam berbagai sayur. Pengolahan plastik bekas minyak goreng dengan cara pirolisis belum banyak dilakukan. Proses pirolisis plastik dapat menghasilkan produk liquid dan produk padat. Produk liquid dapat digunakan sebagai bahan bakar namun yield yang dihasilkan kecil. Sedangkan produk padat disebut dengan karbon dan apabila diaktivasi menghasilkan produk yang disebut karbon aktif.

Karbon aktif adalah produk yang dihasilkan dari proses karbonisasi atau pirolisis dan dilanjutkan dengan aktivasi menggunakan cara kimia, fisika maupun gabungan kimia dan fisika. Bahan yang dapat digunakan untuk membuat karbon aktif antara lain bahan-bahn yang tersusun dari karbon seperti kayu, kulit kakao, tempurung kelapa, tandan kosong kelapa sawit, sekam padi, kulit biji kopi, biji salak, tulang hewan dan bahan tambang.

Beberapa penelitian telah dilakukan untuk pembuatan arang aktif antara pembuatan karbon aktif dari limbah kakao[1]. Pembuatan karbon aktif dari limbah plastik jenis PET untuk mengolah limbah kain jumputan[2]. Pembuatan karbon aktif dari sampah plastik jenis PE untuk penyerapan Phospat dalam limbah cair[3]. Penelitian pembuatan karbon aktif dari bakau menggunakan gabungan aktivasi fisika dan kimia[4]. Pembuatan karbon aktif dengan bahan Batubara Bituminus menggunakan aktivasi tunggal H_3PO_4, kombinasi H_3PO_4-NH_4HCO_3, dan termal[5]. Pembuatan karbon aktif dari sampah plastik jenis PET, PS dan HDPE secara pirolisis dengan variasi rasio komposisi sampah dan jenis plastik seperti yang dilakukan oleh [6]. Penelitian pemanfaatan kemasan makanan ringan yang termasuk dalam LDPE [7]. Penelitian karbon aktif dari campuran plastik jenis LDPE, dan PET untuk menghilangkan kandungan besi dalam air sumur[8]

Pada penelitian ini dilakukan pembuatan karbon aktif dari plastik bekas kemasan minyak goreng yang terbuat dari campuran resin dan termasuk plastic jenis lain-lain dikombinasikan dengan tutup botol air mineral dan termasuk plastic jenis PP. Aktivasi yang digunakan adalah aktivasi kimia dengan H_3PO_4. Berdasarkan penelusuran pustaka penelitian pembuatan karbon aktif dari plasik jenis lain-lain dicampur dengan plasik jenis PP menggunakan aktivator kimia H_3PO_4 belum pernah dilakukan sehingga penelitian ini layak dilakukan.

TINJAUAN PUSTAKA

Plastik

Plastik adalah salah satu produk kimia yang secara struktur kimia teridiri dari gabungan beberapa monomer atu disebut polimer. Beradasarkan sifat fisiknya plastik dibedakan menjadi plastik termoplastik dan plastik thermoset. Plastik termoplastik memiliki sifat tahan terhadap pemanasan ulang dan dapat dicetak ulang pada pemanasan ulang tersebut. Karena sifatnya plastik termoplastik dapat didaur ulang. Yang termasuk dalam plastik termoplastik antara lain *High Density Polyethylene* (HDPE), *Polistiren* (PS), ABS, *Polyethylene terephthalate* (PET). Sedangkan Plastik thermoset adalah plastik yang memiliki sifat mengalami kerusakan molekul pada pemanasan sehingga plastik jenis ini tidak dapat didaur ulang. Yang termasuk dalam golongan *plastic thermoset* antara lain *Low Density Poly Ethylene* (LDPE), *Polypropylene* (PP), *Polyvynil Chloride* (PVC), Polystyrene (PS) dan plastic dari bahan campuran. Penggolongan plastik berdasarkan bahan baku pembuatannya terdiri dari plastik berbahan polimer alam dan plastik berbahan polimer sintetis.

Plastik berbahan polimer alam biasanya menggunakan bahan baku kulit binatang, kayu, rambut, karet alam, kapas, dll. Sedangkan plastik berbahan polimer sintetis menggunakan bahan nilon, polyester, polipropilen, polistiren, karet sintesis.

Di dalam proses produksi plastik penggolongan jenis plastik yang diproduksi diberikan dengan menuliskan kode beripa angka yang ditulis pada bagian bawah produk. Angka yang tertulis terdiri dari angka 1 sampai 7. Angka 1 menandakan bahwa produk plastik termasuk dalam jenis PET yang termasuk dalam golongan plastik dapat didaur ulang. Plastik jenis ini biasanya digunakan untuk botol plastik yang jernih atau transparan atau tembus pandang seperti botol air mineral, botol jus, botol minyak goreng, kemasan makanan dan bahkan cangkir gerai kopi kenamaan. Angka 2 menandakan bahwa plastk tersebut masuk dalam golongan HDPE. Plastik jenis HDPE digunakan untuk botol susu yang berwarna putih susu, gallon air minum, botol obat, botol sabun cair, botol oli mesin, kemasan kopi dan botol sabun bayi. Plastik dengan kode angka 3 berarti plastik tersebut berjenis PVC. Plastik jenis ini digunakan sebagai plastik pembungkus (cling wrap), tanda lalu lintas, botol minyak goreng, kabel listrik, botol pembersih kaca, mainan, botol shampo, pipa air, tempat makanan cepat saji. Kode angka 4 memiliki arti bahwa produk plastik tersebut masuk dalam golongan LDPE. Plastik jenis LDPE memiliki sifat keras, kuat, tidak bereaksi dengan bahan kimia. Produk yang masuk dalam golongan plastik ini antara lain botol, kotak penyimpanan, perangkat computer dan mainan anak-anak. Adapun angka 5 pada produk plastik berarti bahwa produk plastik masuk dalam golongan PP (polypropylene) merupakan plastik polymer yang mudah dibentuk ketika panas, yang lentur, keras dan resisten terhadap lemak.

Salah satu penggunaan plastik jenis PP adalah untuk tutup botol. Kode plastik dengan angka 6 adalah plastik untuk golongan PS. PS (polystyrene) merupakan plastik yang dibuat dari polimer bersifat mudah dibentuk pada proses pemanasan dan sangat kaku dalam suhu ruangan. Kegunaan plastic jenis ini adalah untuk kotak CD, gelas plastik, nampan, bahan tempat makan Styrofoam, tempat minum sekali pakai. Namun plastic jenis PS berbahaya bagi kesehatan otak, dapat menyebabkan gangguan pada reproduksi wanita dan ganggunan pada sistem syaraf Sedangkan angka 7 pada produk plastik berarti bahwa produk plastic masuk pada golongan lain-lain. Bahan pembuat plastic jenis ini tidak diketahui dengan pasti. Dipakai pada botol minum olahraga, suku cadang mobil, alat-alat rumah tangga, computer, alat-alat elektronik dan plastik kemasan seperti minyak goreng. Plastik jenis ini tidak dapat didaur ulang.

Karbon Aktif

Karbon aktif adalah suatu bahan padat yang memiliki permukaan yang berpori dengan luas permukaan aktif yang besar. Karbon aktif dapat dibuat dari berbagai bahan antara tumbuhan seperti kayu, biji-bijian, lumut, dan tempurung buah-buahan, maupun bahan-bahan polimer sintetik seperti rayon, poliakrilonitril, dan polivinil klorida. Pembuatan karbon aktif dilakukan melalui 3 (tiga) tahap yaitu: Proses dehidrasi bertujuan untuk menghilangkan air yang terkandung di dalam bahan baku. Caranya yaitu dengan menjemur di bawah sinar matahari atau pemanasan di dalam oven sampai diperoleh bobot konstan. Tahap selanjutnya adalah karbonisasi atau pengarangan adalah suatu proses pemanasan pada suhu tertentu dari bahan-bahan organik dengan jumlah oksigen sangat terbatas, biasanya dilakukan di dalam furnace. Proses ini menyebabkan terjadinya penguraian senyawa organik yang menyusun struktur bahan membentuk methanol,uap asam asetat, tar-tar dan hidrokarbon. Tahap terakhir dari pembuatan karbon aktif adalah proses aktivasi yang bertujuan untuk menghilangkan zat- zat yang menutupi pori-pori pada permukan arang. Proses aktivasi memnyebabkan karbon memiliki permukaan aktif yang besar sehingga memiliki kemampuan untuk menyerap bahan-bahan yang memiliki ukuran molekul sesuai ukuran pori karbon aktif.

Proses Aktivasi

Proses aktivasi pada pembuatan karbon aktif dimaksudkan untuk menghilangkan pengotor pada permukaan arang hasil proses karbonisasi dan meningkatkan pori pada permukaan arang. Proses aktivasi dilakukan 2 (dua) cara yaitu aktivasi kimia dan aktivasi fisika.

Aktivasi kimia

Proses aktivasi kimia merupakan proses untuk memperbesar luas permukaan aktif dari karbon dengan menggunakan bahan kimia sebagai aktivatornya. Karbon hasil proses karbonisasi atau pirolisis direndam dalam larutan pengaktif selama 12 - 24 jam setelah itu ditiriskan, lalu dipanaskan. Dengan adanya pemanasan pada suhu tinggi diharapkan aktivator dapat masuk di antara pelat heksagonal dari kristalit arang yang menyebabkan terjadinya pengikisan permukaan kristalit dan membuka permukaan arang yang tertutup sehingga menjadi aktif. Peningkatan luar permukaan aktif karbon dapat terjadi karena terjadi interkalasi bahan pengaktif pada lapisan karbon sehingga permukaan karbon menjadi lebih porous dan memiliki kemampuan penyerpan Iodium yang tinggi serta memiliki luar permukaan aktif yang besar pula. Bahan kimia yang digunakan antara lain H_2SO_4, NaOH, H_3PO_4, HCl. Setiap jenis bahan kimia yang digunakan sebagai aktivator memiliki kemampuan masing-masing terhadap proses aktivasi. Sehingga masing-masing bahan akan menghasilkan luas permukaan dan kemampuan penyerapan Iodium yang berbeda-beda.

Aktivasi fisika

Pada proses ini terdapat dua tingkat operasi, yaitu fasa pembentukan pori dan fasa pengaktifan. Fasa pembentukan pori terjadi pada saat pengarangan bahan baku, pada suhu 400 - 600^oC. Pengarangan di atas suhu 600^oC akan menghasilkan arang dengan modifikasi sifat yang sukar diaktifkan, sedangkan arang yang dihasilkan pada suhu di bawah 600^oC sangat efektif untuk diaktivasi tetapi arang ini masih dilapisi oleh senyawa hidrokarbon, sehingga menutupi pori arang aktif yang terbentuk. Untuk membersihkan permukaan arang dari senyawaan ini dapat dilakukan dengan jalan mengalirkan gas pada suhu 800 – 1000^oC. Proses aktivasi karbon aktif secara fisika dapat dilakukan dengan menggunakan furnace yang mana pada proses aktivasi dilakukan pengaliran gas N_2. Disamping furnace aktivasi fisika dapat pula dilakukan di dalam microwave. Keuntungan penggunaan microwave dalam proses aktivasi adalah waktu yang dibutuhkan lebih singkat sehingga energy listrik yang dibutuhkan lebih sedikit.

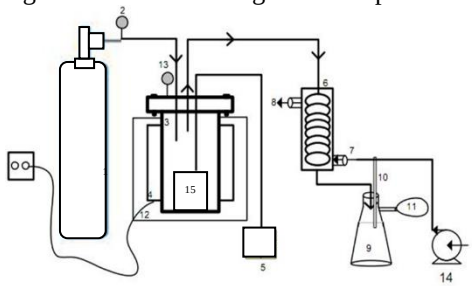
METODE

Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah plastik bekas kemasan minyak goreng, tutup botol air mineral, H_3PO_4.

Alat Penelitian

Peralatan penelitian yang digunakan adalah serangkaian alat pirolisis



Gambar 1. Rangkaian Alat Pirolisis.

Keterangan gambar:

1. Tabung nitrogen
2. Regulator tabung nitrogen
3. Reaktor pirolisis
4. Elektrik furnace
5. Termocouple
6. Kondensor
7. Inlet pendingin
8. Outlet pendingin
9. Penampung produk liquid
10. Termometer
11. Penampung gas
12. Isolator
13. Pressure gauge
14. Pompa

15. Penampung tar

Prosedur Penelitian

Penelitian penelitian dilakukan melalui 2 (dua) tahapan yaitu:

1. Persiapan Bahan

Tahap persiapan bahan diawali dengan pengumpulan bahan berupa sampah plasik bekas kemasan minyak goreng dan tutup botol air mineral. Selanjutnya sampah plastik minyak goreng kemasan dan tutup botol air mineral dicuci untuk menghilangkan sisa minyak dan kotoran pada sampah plastik minyak goreng kemasan dan tutup botol air mineral lalu dikeringkan. Setelah bersih dilakukan pemotongan sampah plastik minyak goreng kemasan dan tutup botol air mineral dengan ukuran kecil. Bahan baku siap di proses secara pirolisis untuk pembuatan karbon aktif.

2. Pembuatan Karbon Aktif

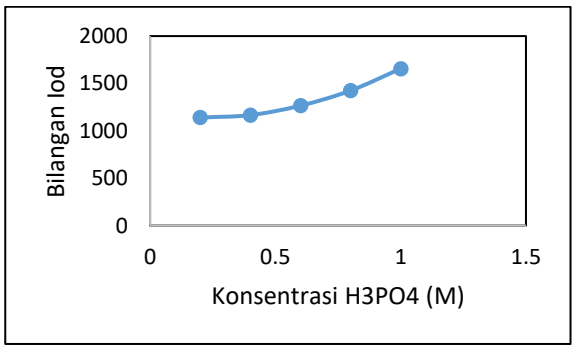
Pada tahap ini sampah plastik minyak goreng kemasan dan tutup botol air mineral yang telah berukuran kecil pada variasi perbandingan kemasan minyak goreng dengan tutup botol 5:1; 5:2; 5:3 diproses secara pirolisis dengan suhu 600 ^{o}C selama 4 jam. Arang yang sudah terbentuk selanjutnya diaktivasi. Sampel yang sudah menjadi arang ditimbang lalu dilakukan aktivasi kimia dengan cara direndam dalam larutan asam fosfat pada variasi konsentrasi 0,2 ; 0,4 ; 0,6 ; 0,8 ; 1,0 M selama 8 jam pada suhu kamar. Langkah selanjutnya adalah penyaringan karbon hasil perendaman dengan kertas saring whatman. Hasil penyaringan selanjutnya dicuci menggunakan natrium hidroksida dan aquades sampai pH netral. Tahap akhir dari pembuatan karbon aktif adalah aktivasi secara fisikan dengan pemanasan pdaa suhu 600^{o}C selama 2 jam lalu didinginkan dalam desikator. Karbon aktif dihasilkan selanjutnya dianalisa bilangan Iodin, dan kadar air..

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini dilakukan pembuatan karbon aktif dengan variasi perbandingan plastik kemasan minyak goreng terhadap tutup botol air mineral 5:1; 5:2; 5:3 melalui proses pirolisis. Arang hasil pirolisis selanjutnya diaktivasi menggunakan H_3PO_4 pada variasi konsentrasi 0,2 ; 0,4; 0,6 ; 0,8 ; 1,0 M dan dilanjutkan dengan pemanasan pada suhu 600^{o}C. Produk yang dihasilkan selanjutnya dianalisa untuk mengetahui pengaruh perbandingan bahan terhadap bilangan Iodin dan konsentrasi H_3PO_4 terhadap bilangan Iod. Pada bilangan Iod yang tertinggi dianalisa kadar air.

Pengaruh perbandingan konsentrasi H_3PO_4 terhadap bilangan Iod

Konsentrasi H_3PO_4 dalam proses aktivasi karbon aktif akan mempengaruhi karakteristik karbon aktif salah satunya adalah bilangan Iodin. Besar kecilnya bilangan Iodin menggambarkan kemampuan karbon aktif untuk menyerap larutan Iodium. Sedangkan kemampuan menyerap menggambarkan luas permukaan aktif dari karbon aktif. Semakin besar bilangan Iodin maka semakin besar pula luas permukaan aktif dari karbon aktif. Pengaruh perbandingan massa plastik kemasan minyak goreng dan tutup botol air mineral terhadap bilangan Iodin disajikan dalam Gambar 2.

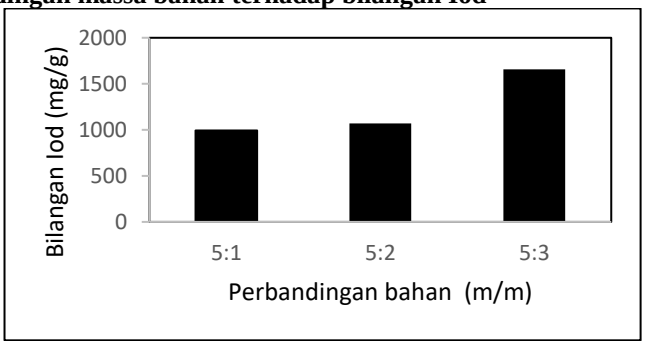


Gambar 2. Pengaruh konsentrasi H_3PO_4 terhadap bilangan Iodin

Gambar 2 menunjukkan bahwa pada rentang 0,2 sampai 1 M maka semakin besar konsentrasi H_3PO_4 maka Bilangan Iod semakin besar. Hal ini disebabkan semakin besar konsentrasi maka permukaan aktif pada karbon aktif semakin besar sehingga kemampuan menyerap Iodium semakin besar. Permukaan aktif yang besar menunjukkan bahwa pori pada permukaan karbon aktif semakin banyak atau permukaan karbon aktif semakin berpori. Dalam proses aktivasi karbon aktif H_3PO_4 berfungsi untuk menghilangkan pengotor yang ada pada permukaan karbon yang diaktivasi sehingga permukaan karbon aktif menjadi lebih besar dan permukaan karbon aktif lebih berpori. H_3PO_4 merupakan bahan yang banyak digunakan untuk aktivasi karbon aktif hal ini dapat dilihat pada penelitian pembuatan karbon aktif dari kakao[1].

Bilangan Iodin tertinggi diperoleh pada konsentrasi 1 M dengan nilai bilangan Iod sebesar 1655,623 mg/g. Nilai bilangan iod pada karbon aktif dari bahan campuran plastik kemasan dan tutup botol air mineral dengan bahan pengaktif H_3PO_4 lebih besar dibandingkan dengan bilangan Iod karbon aktif dari bahan kulit kakao dengan zat pengaktif yang sama pada pembuatan karbon aktif dari kakao dengan bilangan Iodin sebesar 1194,38 mg/g[1]. Sedangkan pada penelitian pembuatan karbon aktif dari arang bakau menggunakan aktivator H_3PO_4 memiliki bilangan Iod sebesar 1019,087 mg/g[4].

Pengaruh perbandingan massa bahan terhadap bilangan Iod



Gambar 3. Pengaruh perbandingan massa kemasan minyak goreng dan tutup botol terhadap bilangan Iodin

Perbandingan massa bahan adalah perbandingan massa plastik kemasan minyak goreng dan massa tutup botol air mineral. Bahan dari karbon aktif mempengaruhi karakteristik karbon aktif salah satunya bilangan Iod. Berdasarkan Gambar 3 dapat dilihat bahwa bilangan Iod dengan semakin banyaknya massa tutup botol dalam campuran bahan maka bilangan Iod semakin tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa kerberadaan tutup botol dapat menaikkan permukaan aktif dari karbon aktif hasil pirolisis. Tutup bootol air mineral terbuat dari plastik jenis Polypropylene (PP). Keberadaan plastic jenis PP memperbaiki susunan strukttur kimia sehingga ketika terjadi pemutusan rantai pada proses karbonisasi membentuk karbon yang memiliki struktur yang teratur sehingga karbon aktif yang dihasilkan setelah aktivasi memiliki kemampuan menyerap Iodium yang besar.

Perbandingan yang menghasilkan bilangan Iodin tertinggi adalah 5:3 dengan bilangan Iod 1655,623 mg/g. Bila dibandingkan dengan karbon aktif berbahan PET[2] dengan bilangan Iod 990,045 mg/g bilangan Iodin untuk karbon aktif pada penelitian ini lebih tinggi.

Kadar Air karbon aktif

Kadar air menunjukkan kandungan air yang terdapat pada karbon aktif. Pada penelitian ini kadar air diukur pada karbon aktif dengan bilangan Iod tertinggi yaitu 1655,623 mg/g pada konsentrasi H_3PO_4 1M dan perbandingan bahan 5:3. Kadar air yang terkandung pada karbon aktif adalah 0,592%. Nilai kadar air ini tidak jauh berbeda dibandingkan dengan karbon aktif berbahan

PET[2] yang memiliki kadar air 0,51%. Batas kadar air sesuai standar SNI adalah dibawah 15%, sehingga kadar air hasil penelitian ini masih memenuhi standar.

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan diketahui bahwa semakin tinggi konsentrasi H_3PO_4, maka bilangan Iod semakin tinggi. Kemudian, semakin banyak kandungan tutup botol air mineral dalam bahan maka bilangan Iod semakin tinggi. Selain itu, juga diketahui bahwa bilangan Iod tertinggi adalah 1655,623 mg/g pada konsentrasi H_3PO_4 1M dan perbandingan 5:3 dengan kadar air 0,592%.

DAFTAR PUSTAKA

[1] F. Agus Budianto, Romiarto, "Pemanfaatan Limbah Kakao (Theobroma cacao L) sebagai Karbon Aktif dengan Aktivator Termal dan Kimia," *J. Tek. Kim.*, no. August, pp. 207–212, 2017.

[2] L. Cundari, P. Yanti, and K. A. Syaputri, "Pengolahan Limbah Cair Kain Jumputan Menggunakan Karbon Aktif dari Sampah Plastik," *J. Tek. Kim.*, vol. 22, no. 3, pp. 26–33, 2016.

[3] I. W. Wardhana, D. S. H, and D. I. R, "30 PENGGUNAAN KARBON AKTIF DARI SAMPAH PLASTIK UNTUK MENURUNKAN KANDUNGAN PHOSPHAT PADA LIMBAH CAI R (Studi Kasus: Limbah Cair Industri Laundry di Temb alang, Semarang," *J. Presipitasi*, vol. 10, no. 1, pp. 30-40–40, 2013.

[4] M. K. Teknologi *et al.*, "Jurnal iptek," pp. 39–46.

[5] E. Kusdarini, A. Budianto, and D. Ghafarunnisa, "Produksi Karbon Aktif Dari Batubara Bituminus Dengan Aktivasi Tunggal H3Po4, Kombinasi H3Po4-Nh4Hco3, Dan Termal," *Reaktor*, vol. 17, no. 2, p. 74, 2017.

[6] Q. Rachmawati and W. Herumurti, "Pengolahan Sampah Secara Pitolisis dengan Variasi Rasio Komposisi Sampah dan Jenis Plastik," *J. Tek. ITS*, vol. 4, no. 1, pp. 27–29, 2015.

[7] S. R. Juliastuti, N. Hendrianie, A. Febrianto, and D. D. Ramadhika, "Pengolahan Limbah Plastik Kemasan Multilayer Ldpe (Low Density Poly Ethilene) dengan Menggunakan Metode Pirolisis Microwave," *Pros. Semin. Nas. Tek. Kim. "Kejuangan,"* no. 2009, pp. 1–7, 2015.

[8] N. Hendrasarie and R. Prihantini, "Pemanfaatan Karbon Aktif Sampah Plastik Untuk Menurunkan Besi Dan Mangan Terlarut Pada Air Sumur," *Jukung (Jurnal Tek. Lingkungan)*, vol. 6, no. 2, pp. 136–146, 2020.