

Pra Perancangan Pabrik Karbon Aktif dari Tempurung Kelapa dengan Proses Aktifasi Kimia pada Kapasitas 20.000 ton/tahun

Bellani Yunfa Winata, Nove Kartika Erliyanti, Racmad Ramadhan Yogaswara, dan Erwan Adi Saputro*

Program Studi Teknik Kimia, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur

*e-mail: erwanadi.tk@upnjatim.ac.id

Abstrak— Karbon aktif adalah karbon yang mengalami pemrosesan lebih lanjut dengan beberapa sentuhan teknologi sehingga menghasilkan karbon yang mempunyai daya serap/adsorpsi terhadap bahan berfasa larutan atau uap. Bahan dasar pembuat karbon aktif adalah bahan-bahan yang mengandung karbon baik organik atau anorganik. Dikehidupan sehari-hari ataupun dipasaran yang banyak beredar adalah karbon dari kayu, tempurung kelapa, dan batubara. Karbon aktif banyak sekali manfaatnya dalam dunia industri, diantaranya yaitu industri pengolahan air (penjernihan air), makanan, obat-obatan, minuman, dan lain-lain. Dalam proses pemurnian di beberapa industri minyak kelapa dan beberapa industri farmasi lainnya, konsumsi karbon aktif bisa mencapai 70% dari total karbon aktif yang ada. Banyak industri yang membutuhkan karbon aktif sebagai bahan pembantu atau bahan penunjang dalam proses serta kebutuhannya pun semakin meningkat setiap tahun. Oleh karena itu, pendirian pabrik karbon aktif ini mempunyai prospek yang bagus di masa mendatang baik untuk memenuhi kebutuhan industri dalam negeri maupun untuk ekspor. Pada tahun 2018 kebutuhan akan karbon aktif mencapai 11.860,851 ton. Melihat banyaknya kebutuhan karbon aktif didalam negeri maka direncanakan pendirian pabrik karbon aktif di Indonesia. Pabrik karbon aktif direncanakan didirikan pada tahun 2022 yang berlokasi di kawasan industri Kota Dumai – Riau dengan kapasitas produksi sebesar 20.000 ton/tahun. Proses yang digunakan pada pembuatan karbon aktif adalah menggunakan proses pembakaran (pirolisis) dan proses aktifasi secara kimia. proses pembuatan karbon aktif harus melalui 4 tahap, yaitu tahap pre-treatment, pirolisis, aktifasi, dan penyelesaian. Hasil Analisa ekonomi pada penelitian ini menunjukkan bahwa pabrik yang akan dibangun mempunyai internal rate of return sebesar 10,82 % dengan pay out time selama 4 tahun 11 bulan dan mempunyai BEP (break even point) sebesar 32%. Berdasarkan hasil tersebut, maka secara teknis dan ekonomis, pabrik karbon aktif dari tempurung kelapa sudah memenuhi pra rencana yang layak untuk dibangun di tahun mendatang.

Kata Kunci—Aktifasi kimia, Karbon aktif, Pyrolisis, Tempurung kelapa

I. PENDAHULUAN

INDONESIA dikenal sebagai salah satu negara penghasil kelapa paling banyak kedua setelah Filipina di ASEAN. Komponen dari buah kelapa adalah air kelapa, daging kelapa, tempurung kelapa, dan sabut kelapa. Bagian terluar buah kelapa adalah sabut kelapa yang mempunyai tekstur berserat

dengan ketebalan sekitar 5 cm, Tempurung kelapa terletak disebelah dalam sabut, kisaran ketebalannya yaitu 3,5 mm. Ukuran buah kelapa dipengaruhi oleh tebal sabut dan besar kecilnya ukuran tempurungnya yang didasari oleh umur dan perkembangan tumbuhan kelapa. Berat tempurung kelapa ialah antara 15-19% dari berat kelapa[1]. Namun, pada umumnya kelapa hanya digunakan dengan sangat terbatas. Daging kelapa dapat digunakan sebagai pemenuh kebutuhan rumah tangga berupa santan atau olahan makanan lainnya, atau dibuat menjadi kopra dan menjadi bahan baku minyak goreng. Sedangkan pemanfaatan tempurung kelapa masih sangat terbatas, hanya digunakan untuk kerajinan, bahan bakar, dan baru sedikit yang digunakan sebagai bahan baku dalam industri karbon aktif.

Tempurung kelapa banyak terdapat di seluruh pelosok tanah air. Konsumsi utama adalah daging kelapa sedangkan tempurungnya kebanyakan hanya dibuang dan tidak diolah lebih lanjut, ketersediaannya yang melimpah sering dianggap sebagai sumber masalah lingkungan, walaupun tempurung kelapa merupakan salah satu sumber daya yang *renewable*, dan murah. Salah satu manfaat tempurung kelapa adalah bisa diolah menjadi arang tempurung kelapa. Arang yang terbuat dari tempurung kelapa ini dapat diolah lagi menjadi produk yang mempunyai nilai ekonomi tinggi yaitu sebagai karbon aktif atau arang aktif [2].

Komponen utama tempurung kelapa adalah bahan organik yang terdiri dari: selulosa, hemiselulosa, dan lignin. Selulosa ($C_6H_{10}O_5$)_n merupakan senyawa organik yang ada pada dinding sel dan mempunyai fungsi untuk memperkuat struktur sehingga tempurung kelapa menjadi keras. Komponen berikutnya adalah hemiselulosa yaitu polimer polisakarida heterogen yang terdiri dari L-Arabiosa, D-Glukosa, dan D-Xilosa yang berada di ruang antara serat selulosa didalam dinding sel tumbuhan. Dengan kata lain hemiselulosa adalah matrix pengisi serat selulosa. Komponen utama ketiga adalah lignin. Lignin merupakan senyawa kimia yang berstruktur amorf dan sangat kompleks. Lignin adalah salah satu polimer yang mempunyai struktur yang bervariasi dengan berat molekular yang tinggi. Fungsi Lignin adalah untuk mengikat sel-sel yang lain dan disamping itu juga sebagai pemberi kekuatan. Karbon aktif dianggap baik jika mempunyai banyak kandungan Selulosa, Hemiselulosa dan Lignin [3].

Penyusun utama karbon aktif adalah atom-atom C yang

mempunyai ikatan kovalen. Ikatan tersebut mempunyai sisi heksagonal datar yang setiap sudutnya mempunyai satu atom C. Struktur ini mempunyai luas permukaan sekitar 300 m²/g sampai 3.500 m²/g, juga struktur ini yang mempunyai pori-pori yang bisa menyebabkan terjadinya penyerapan sehingga karbon aktif ini disebut juga sebagai adsorben[4].

Dinamakan karbon aktif karena telah melalui proses aktivasi. Proses aktivasi biasanya menggunakan gas CO₂, uap air atau bahan-bahan kimia yang bisa menyebabkan pori-porinya terbuka sehingga dapat meningkatkan daya absorpsinya baik terhadap warna atau bau. Kandungan karbon aktif utamanya adalah karbon sedang sisanya 1-5% air dan 2 - 3 %. Dalam dunia industri karbon dipasarkan dalam bentuk butiran (granular) dan berbentuk bubuk (tepung) [5].

Permintaan karbon aktif semakin hari semakin meningkat yang mengakibatkan industri pembuatan karbon aktif di Indonesia berkembang dengan sangat baik. Permintaan ini tidak hanya di dalam negeri tetapi juga dari luar negeri. Faktor utama meningkatnya permintaan akan karbon aktif ini diakibatkan oleh semakin banyaknya aplikasi karbon aktif pada industri maupun di kehidupan sehari-hari. Aplikasi karbon aktif pada kehidupan sehari-hari adalah sebagai penghilang warna dan bau, sedangkan pada industri biasanya digunakan sebagai pengambilan kembali pelarut, penyulingan minyak, pembersih warna dan bau pada pengolahan air, penghilang sulfur, gas beracun, dan bau busuk gas pada pemurnian gas, serta sebagai katalisator[1].

Semua bahan yang mengandung karbon baik dari bahan tambang, tumbuhan atau hewan bisa digunakan sebagai bahan baku pembuat karbon aktif. Bahan dari tumbuhan bisa berasal dari tempurung kelapa, berbagai jenis kayu, kulit biji kopi atau sekam padi. Sedangkan dari hewan biasanya dari tulang binatang. Diantara bahan baku tersebut, tempurung kelapa merupakan bahan terbaik yang dapat dibuat menjadi karbon aktif karena karbon aktif yang terbuat dari tempurung kelapa memiliki kadar abu yang rendah, mikropori yang banyak, reaktivitas yang tinggi, dan kelarutan dalam air yang tinggi [6].

Kandungan kimia tempurung kelapa adalah 26,60% Selulosa, 29,40% Lignin, 27,7-% Pentosan, 4,20% Solvent ekstraktif, 3,50% Uronat anhidrid, 0,62% Abu, 0,11 Nitrogen, dan 8,01% Air[7]. Karbon atau arang dapat terbuat dari bahan-bahan yang mengandung selulosa menggunakan proses yang disebut prolisis, yaitu menghancurkan bahan menjadi lebih kecil dan dibakar sehingga menjadi karbon[8].

Karbon yang telah diaktifasi akan mengembang struktur pori menjadi karbon aktif. Karbon aktif terdiri dari 87%-97% karbon sisanya berupa hidrogen, oksigen, sulfur, dan nitrogen serta senyawa-senyawa lain yang terbentuk dari proses pembuatannya. Pada pembuatan karbon aktif dilakukan proses aktivasi. Proses ini akan membentuk pori-pori karbon menjadi lebih luas. Daya serap karbon aktif sebesar 25-100% terhadap berat karbon aktif. Daya adsorpsi ini berbeda-beda tergantung pada luas permukaan dan volume pori-porinya [7].

Tujuan utama aktivasi dalam proses pembuatan karbon aktif adalah untuk memperbesar pori-pori, yaitu dengan cara

memecahkan ikatan hidrokarbon atau mengoksidasi molekul-molekul permukaan sehingga karbon mengalami perubahan sifat kimia maupun fisika, yaitu luas permukaannya bertambah besar dan berpengaruh terhadap daya adsorpsi[9]. Metode aktivasi dibagi menjadi dua yaitu aktivasi fisika dan aktivasi kimia. Aktivasi fisika yaitu metode mengaktifkan karbon dengan menggunakan panas, uap, dan CO₂ dengan suhu tinggi dalam sistem tertutup tanpa udara sambil dialiri gas inert. Panas dan uap ini berfungsi untuk memperlebar struktur rongga pada karbon sehingga bisa memperluas permukaan karbon. Pada aktivasi kimia proses mengaktifkan karbon dilakukan dengan cara perendaman. Karbon direndam larutan kimia, seperti HNO₃, ZnCl₂, H₃PO₄, dan KOH [2].

Berdasarkan hasil penelitian Aryanti, 2010 menunjukkan bahwa karbon aktif yang diproduksi dengan cara kimia mempunyai daya adsorpsi lebih baik daripada karbon aktif fisika pada proses penjernihan warna air sungai. Daya serap optimum karbon aktif di peroleh pada kondisi pH 5, waktu kontak 1,5 - 2 jam dengan dosis 20 gr/l, menghasilkan penurunan kadar warna sebesar 94,6 % dan kadar organik sebagai bilangan KMnO₄ sebesar 91,5 % dari 152,5 mg/l menjadi 9,5 mg/l[10].

Sebelum melakukan aktivasi karbon aktif pada tempurung kelapa, ada beberapa hal yang harus dilakukan 1) Membersihkan tempurung kelapa dari bahan-bahan pengotor seperti tanah, kerikil. 2) Dikeringkan di bawah sinar matahari. 3) Tempurung kelapa yang sudah kering dibakar[9]. Pembakaran dilakukan dengan cara pirolisis. Pirolisis adalah proses dekomposisi suatu bahan pada suhu tinggi tanpa adanya udara atau dengan udara terbatas. Hasil dari pirolisis dapat berupa zat padat, zat cair, dan gas[3].

Faktor faktor yang berpengaruh terhadap proses aktivasi adalah ukuran partikel, waktu aktivasi, suhu aktivasi, rasio aktivator dan jenis aktivator. Daya serap karbon aktif juga dipengaruhi oleh faktor faktor tersebut [9]. Waktu perendaman juga berpengaruh terhadap proses aktivasi. Perendaman dilakukan untuk mengurangi atau menghilangkan terbentuknya lignin, karena senyawa tar bisa terbentuk dengan keberadaan lignin [11].

Konsentrasi atau rasio bahan pengaktif juga memiliki pengaruh terhadap proses aktivasi karbon. Pada aktivasi kimia aktivator kimia juga berfungsi mengikat senyawa tar sisa karbonisasi supaya keluar dari karbon melalui pori-pori karbon, hal ini dapat memperluas pori-pori permukaan karbon yang mengakibatkan daya serap karbon aktif semakin tinggi. [11]. Begitu juga dengan ukuran bahan, semakin kecil ukuran bahan yang akan diaktifasi menjadi karbon aktif maka semakin cepat perataan ke seluruh umpan sehingga proses pirolisis dapat berjalan dengan baik[11].

Pada tahun 2001 produksi karbon aktif mencapai di Indonesia mencapai 30,161 ton/tahun sedangkan jumlah yang diekspor sebesar 11.834 ton. Ini menunjukkan bahwa industri karbon aktif di Indonesia cukup berkembang. Jika di ekspor dan mengikuti harga internasional maka harga karbon aktif bisa mencapai 20 USD/ kilogramnya [12]. Dampak positif dari perkembangan karbon aktif adalah memberikan nilai

tambah bagi masyarakat, membuka lapangan kerja, meningkatkan ekonomi pedesaan serta meningkatkan ekspor dan devisa negara. Karena dengan berkembangnya karbon aktif di Indonesia menyebabkan semakin banyak pula sumber daya manusia yang dibutuhkan, membuat lapangan kerja menjadi semakin luas, akhirnya dapat berdampak pada menurunnya tingkat pengangguran dan meningkatkan kesejahteraan masyarakat.

Penggunaan karbon dibutuhkan pada berbagai sektor industri, karena dapat digunakan untuk gas, yaitu pemurnian gas, pengolahan LNG, dan sebagai katalisator. Untuk bahan cairan dapat digunakan untuk menyaring dan menghilangkan warna dan bau, penyulingan bahan mentah pada industri kimia perminyakan, pembersih air limbah. Serta dapat digunakan untuk pemurnian warna, bau, rasa pada penyaringan minyak makan dan glukosa.

Selain untuk kebutuhan industri, dapat pula digunakan untuk memenuhi kebutuhan masyarakat, seperti di daerah Riau dan Kalimantan menggunakan karbon aktif gambut untuk menjernihkan air sungai lahan gambut. Masyarakat daerah tersebut menggunakan air sungai untuk kebutuhan sehari-hari. Warna asli air sungai di daerah tersebut adalah kuning kecoklatan karena adanya senyawa dari gambut. Kemudian dilakukan penelitian penggunaan karbon aktif dari gambut untuk mengadsorpsi warna air sungai tersebut.[10]

Karena banyak industri yang membutuhkan karbon aktif sebagai bahan pembantu atau bahan penunjang dalam proses disertai luasnya perkebunan kelapa sawit yang ada di Indonesia yang menyebabkan potensi bahan baku karbon aktif berupa tempurung kelapa yang melimpah di Indonesia, sehingga pabrik karbon aktif ini sangat potensial untuk didirikan baik untuk memenuhi kebutuhan industri dalam negeri dikarenakan kebutuhan karbon aktif setiap tahun meningkat. Di bawah ini merupakan Tabel 1 kebutuhan import karbon aktif untuk enam tahun terakhir berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik [12].

Tabel 1.Data Impor Karbon Aktif

Tahun	Kebutuhan Karbon Aktif (ton)
2011	5.444,834
2012	6.650,384
2014	8.842,249
2015	9.366,417
2016	9.176,328
2018	11.860,851

Berdasarkan informasi dari Badan Pusat statistic tersebut dapat disimpulkan bahwa kebutuhan karbon aktif di Indonesia terus bertambah. Hal ini didasarkan pada data produksi yang semakin meningkat serta data impor yang meningkat juga dari tahun 2011 hingga 2018.

Dengan memperhatikan pertimbangan kebutuhan impor karbon aktif di Indonesia maka dapat ditentukan perkiraan kapasitas pabrik karbon aktif yang akan berdiri pada tahun 2022 adalah sebesar 15.092 ton/tahun. Pada desain pabrik ini akan memproduksi karbon aktif untuk memenuhi seluruh kebutuhan karbon aktif di Indonesia pada tahun 2022 yaitu

sebesar 20.000 ton/tahun dan sisanya akan di ekspor ke luar negeri.

II. URAIAN PENELITIAN

A. Seleksi Proses

Pada proses pembuatan karbon aktif terdapat proses aktivasi yang bertujuan untuk memperbesar luas permukaan karbon yaitu memiliki jumlah pori yang besar. Proses aktivasi merupakan suatu perlakuan terhadap arang yang bertujuan untuk memperbesar pori yaitu dengan cara memecahkan ikatan hidrokarbon atau mengoksidasi molekul-molekul permukaan sehingga arang mengalami perubahan sifat, baik fisika maupun kimia, yaitu luas permukaannya bertambah besar dan berpengaruh terhadap daya adsorpsi [9].

Pada proses pembuatan karbon aktif, tempurung kelapa harus dilakukan pembakaran terlebih dahulu, yaitu dengan cara pirolisis. Pirolisis adalah proses dekomposisi suatu bahan pada suhu tinggi tanpa adanya udara atau dengan udara terbatas. Proses dekomposisi pada pirolisis ini juga sering disebut dengan devolatilisasi. Pirolisis bisa disebut thermolisis adalah proses dekomposisi kimia dengan menggunakan pemanasan pada rentang suhu 300-650°C tanpa kehadiran oksigen. Hasil pirolisis berupa tiga jenis produk yaitu padatan (*charcoal*/karbon), gas (*condensable gas*) dan cairan (*bio-oil*). Produk gas yang dapat dikondensasi dapat dipecah lebih lanjut menjadi gas yang tidak dapat dikondensasi (CO, CO₂, H₂, dan CH₄), cair, dan arang [7].

Umumnya proses pirolisis berlangsung pada suhu di atas 300°C dalam waktu 4-7 jam. Namun keadaan ini sangat bergantung pada bahan baku dan cara pembuatannya. Temperatur pirolisis untuk mereduksi sampah dicapai secara optimal [13].

Menurut Pambayun, 2013, tempurung kelapa dapat dibuat menjadi karbon aktif sesuai SII No.0258 – 79 dengan menggunakan metode aktivasi fisika pirolisis 700°C selama 4 jam dengan injeksi nitrogen, dan aktivasi kimia dengan cara perendaman dengan aktivator ZnCl₂ dan Na₂CO₃[6].

Aktivasi pada pembuatan karbon aktif terdapat dua macam yaitu aktivasi kimia dan fisika. Aktivasi kimia merupakan proses pemutusan rantai karbon dari senyawa organik dengan pemakian bahan-bahan kimia. Beberapa keuntungan aktivasi kimia dibandingkan aktivasi fisika adalah bahwa proses aktivasi kimia memungkinkan untuk dihasilkan luas permukaan karbon aktif yang sangat tinggi.

Sedangkan aktivasi fisika merupakan proses pemutusan rantai karbon dari senyawa organik dengan bantuan panas, uap dan CO₂. Metode aktivasi secara fisika antara lain dengan menggunakan uap air, gas karbon dioksida, oksigen dan nitrogen [14].

Berdasarkan pada Tabel 2, proses dengan proses Aktivasi Kimia merupakan proses yang lebih baik daripada proses Aktivasi Fisika karena suhu operasi lebih rendah daripada aktivasi fisika, activator kimia lebih mudah didapat, serta proses aktivasi kimia lebih mudah yaitu hanya diaduk dan

direndam selama beberapa jam.

Tabel 2. Data Perbandingan Aktifasi Kimia dan Fisika

No	Aktifasi Kimia	Aktifasi Fisika
1	Menggunakan bahan kimia sebagai aktivator	Menggunakan uap, oksigen, nitrogen, dan gas sebagai aktivator
2	Suhu aktifasi di bawah 100°C	Suhu aktifasi 400°C-800°C
3	Karbon dan aktivator dicampur dan diaduk selama beberapa jam dalam <i>mixing tank</i>	Karbon dipanaskan di dalam <i>furnace</i> dengan kondisi <i>inert</i> melalui penginjeksian nitrogen kemudian dikontakkan langsung dengan uap/gas
4	Aktivator H ₃ PO ₄	Pembuatan aktivator uap/steam cukup rumit dan gas CO ₂ , Nitrogen, dll tidak mudah didapat dan harganya relatif mahal.

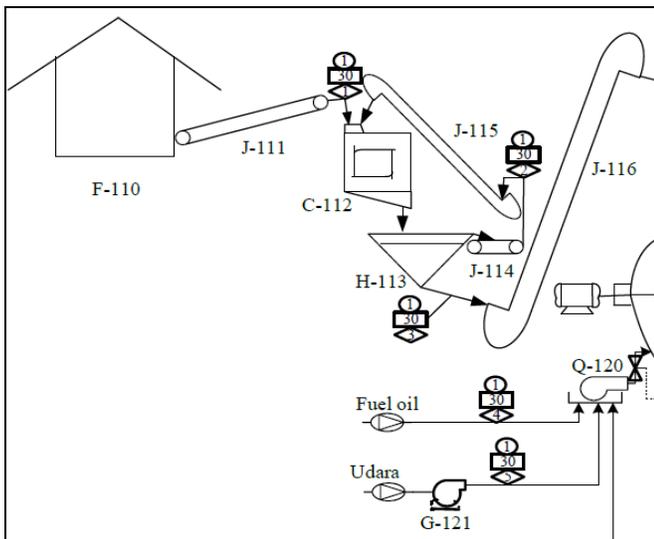
B. Uraian Proses

Adapun uraian proses pembuatan karbon aktif dengan proses pirolisis adalah sebagai berikut :

1. Tahap Pre-treatment

Tahap ini merupakan tahap kunci yang sangat menentukan kuantitas dan kualitas yang nantinya akan dihasilkan. Saat ini, metode *pre treatment* berkembang pesat dengan berbagai variasi. Tujuan dari tahap ini adalah untuk mengurangi atau menghilangkan berbagai bahan/senyawa yang dapat menghambat tahap berikutnya.

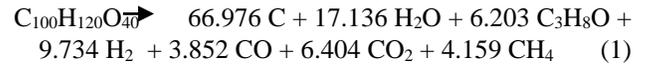
Pada tahap ini, bahan baku berupa tempurung kelapa dari gudang dibawa oleh *belt conveyer* menuju *rotary cutter* untuk dihancurkan menjadi serpihan yang lebih kecil yaitu 3 cm, kemudian diangkat oleh *bucket elevator* menuju *hopper* untuk ditampung sementara sebelum masuk ke dalam reaktor pirolisis.



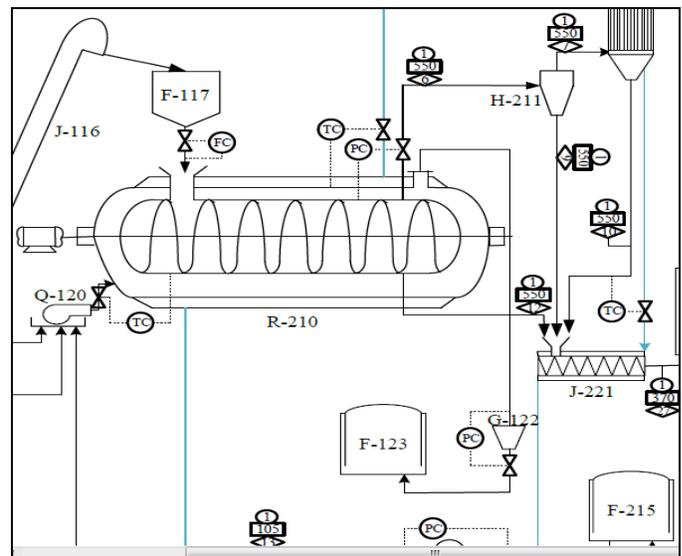
Gambar 1. Proses tahap *Pre-treatment*

2. Tahap Pirolisis

Pada tahap ini, serpihan tempurung kelapa setelah dari hopper masuk ke dalam reaktor pirolisis untuk dilakukan proses pembakaran. Reaktor pirolisis dioperasikan pada temperature 550°C dengan tekanan 1 atm untuk menghasilkan karbon. Bahan bakar yang digunakan berupa panas yang berasal dari pembakaran udara dengan *fuel oil* menggunakan burner. Pada reaktor pirolisis akan terjadi reaksi pembakaran sebagai berikut [8] :



Pada Gambar 2 karbon hasil dari reaktor diangkut menuju *Cooling screw conveyor* dan *Rotary Cooler* untuk didinginkan sebelum dibawa menuju *mixing tank*. Udara bebas yang digunakan masuk pada suhu 30°C dan keluar pada suhu 45°C. Setelah dari *Rotary Cooler*, karbon dibawa menuju *ball mill* dan *discreening*. Hasil lolos *screening* dibawa oleh *bucket elevator* menuju *hopper* dan kemudian dimasukkan ke dalam *mixing tank* untuk diaktifasi.



Gambar 2. Proses tahap Pirolisis

3. Tahap Aktifasi

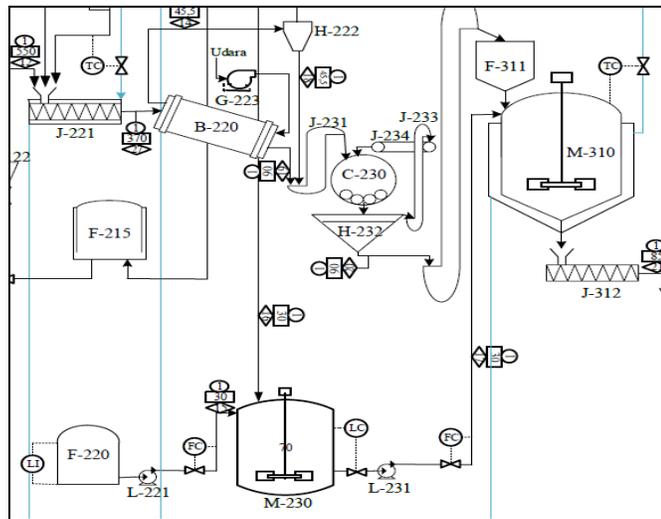
Karbon akan diaktifasi secara kimia yang bertujuan untuk memperbesar luas pori-pori karbon, karena besarnya daya serap karbon aktif sangat dipengaruhi oleh keadaan pori-pori yang terbentuk.

Pori-pori pada karbon aktif memiliki beberapa jenis sebagai berikut :

- a) Mikropori dengan ukuran dibawah 40 Angstrom
- b) Mesopori dengan ukuran antara 40 - 5000 Angstrom
- Makropori dengan ukuran diatas 5000 Angstrom

Proses aktifasi ini dilakukan dengan senyawa kimia berupa Asam Phospat (H₃PO₄) dengan perbandingan persen berat antara aktivator dengan karbon adalah 30%. Asam phospat yang digunakan harus diencerkan terlebih dahulu hingga konsentrasi 60% kemudian serbuk karbon dan larutan asam

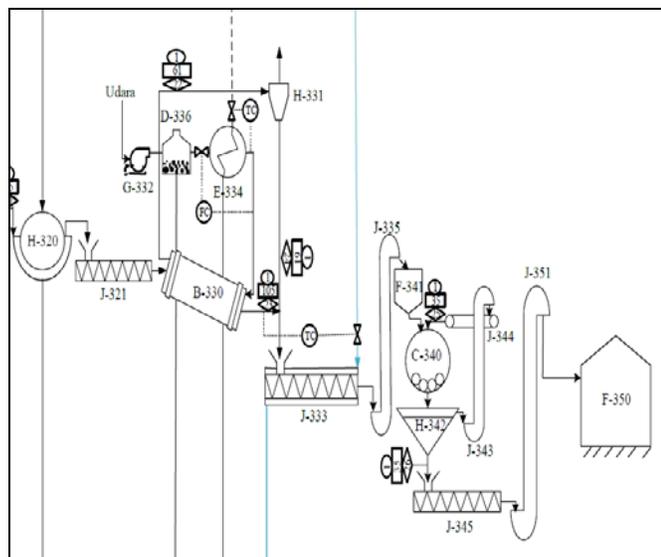
phospat dimasukkan secara bersamaan kedalam mixing tank untuk diaktifasi [15].



Gambar 3 Tahap Aktifasi

4. Tahap Penyelesaian

Pada Gambar 4 terlihat bahwa produk yang keluar dari *mixing tank* akan diangkut menuju *Rotary Drum Vacuum Filter* untuk dilakukan pencucian dan memisahkan antara cake karbon aktif dengan *filtrat activator* dengan jumlah massa air proses sebesar 60% dari total massa cake [16]. Cake karbon aktif kemudian dibawa oleh *screw conveyor* kemudian dikeringkan menggunakan *Rotary Dryer* dengan suhu operasi 127°C. Padatan yang terbawa udara kering kemudian ditangkap oleh *cyclone* yang kemudian diumpun ke *cooling screw conveyor*. Karbon aktif dari *Rotary Dryer* selanjutnya diumpun menuju ke *Cooling Conveyor* untuk didinginkan.



Gambar 4 Tahap penyelesaian

Produk yang sudah dingin dimasukkan ke dalam *ball mill* untuk memperkecil ukuran pertikel karbon menjadi serbuk

halus. Karbon yang sudah dihaluskan akan *discreening* agar ukurannya seragam 325 mesh. Ukuran yang *oversize* akan *direcycle* kembali ke *ball mill*. Serbuk karbon yang lolos screen akan dibawa oleh *screw conveyor* menuju *bucket elevator* untuk ditampung ke dalam bin, selanjutnya produk karbon aktif siap untuk dikemas dan dipasarkan.

III. NERACA MASSA

Dari perhitungan Neraca massa dengan operasi pabrik 330 hari/tahun dan 24 jam/hari dengan basis waktu 1 jam, kebutuhan kebutuhan tempurung kelapa adalah sebesar 7.338,901 kg/jam dan asam phospat encer sebesar 1.107,342 kg/jam dan produk karbon aktif yang dihasilkan sebesar 2.525,253 kg/jam.

Perhitungan neraca massa di dasarkan pada massa masuk sama dengan massa yang keluar, dengan persamaan seperti berikut:

$$m_{in} = m_{out} \quad (2)$$

dimana m_{in} adalah massa masuk di alat sedangkan m_{out} adalah massa keluar dari alat. Hasil Analisa pada perancangan ini, massa total bahan baku tempurung kelapa adalah 25.000 ton/thn yang akan menghasilkan karbon aktif setara 20.000 ton/thn dan sisanya berupa produk samping seperti tar dan abu.

IV. ANALISA EKONOMI

Pabrik Karbon Aktif direncanakan memiliki 130 orang pekerja dengan komposisi modal yang terdiri dari 60% modal sendiri dan 40% modal pinjaman dan bunga bank 9,95%.

Dari hasil perhitungan pada neraca ekonomi didapatkan biaya produksi total Rp. 382.452.015.323. Selain itu, diperoleh IRR sebesar 10,82 %. *Internal Rate of Return* penting untuk diketahui karena dianggap sebagai indikator tingkat efisiensi dari suatu investasi. IRR merupakan suku bunga yang akan menyamakan jumlah nilai sekarang dari penerimaan yang diharapkan dengan jumlah nilai sekarang dari pengeluaran untuk investasi [4].

Selain IRR, dilakukan juga perhitungan *Break Even Point* atau titik impas dimana posisi jumlah pendapatan dan biaya sama atau seimbang, sehingga tidak terdapat keuntungan maupun kerugian. Perhitungan *Break Even Point* didapatkan sebesar 32%, dimana pengembalian modalnya selama 4 tahun 11 bulan. Artinya, dalam waktu 4 tahun dan 11 bulan modal investasi sudah bisa kembali, dan perusahaan dapat mencetak laba setelahnya. Hal ini disebut dengan *payback period* (PP). PP dihitung dengan cara membagi besaran nilai investasi atau *cost of investment* dengan jumlah aliran kas netto yang masuk setiap tahunnya atau disebut juga dengan *annual net cash flow*.

Sedangkan dari segi aset, pabrik dinilai memiliki umur manfaat selama 10 tahun dengan masa periode pembangunannya selama 2 tahun dengan operasi pabrik ini 330 hari/tahun.

V. KESIMPULAN/RINGKASAN

Berdasarkan hasil perhitungan dan pembahasan yang telah dilakukan dapat disimpulkan beberapa hasil sebagai berikut:

- 1) Pabrik karbon aktif dari tempurung kelapa memiliki kapasitas 20.000 ton/tahun dengan jumlah produk sebesar 2.525,253 kg/jam.
- 2) Laju Pengembalian Modal (*Rate Of Return*) sebesar 10,82% per tahun. Hal ini menunjukkan bahwa ROR yang diperoleh lebih besar dibandingkan dengan nilai i untuk pinjaman modal pada bank dengan tingkat bunga 9,95% per tahun sehingga pabrik layak didirikan.
- 3) Waktu pengembalian modal (*Pay Out Time*) pabrik ini adalah 4 tahun 11 bulan.
- 4) Titik impas (*Break Even Point*) adalah 32 %

Dari hasil evaluasi secara teknis dan ekonomis, pabrik *Karbon Aktif dari Tempurung Kelapa dengan Proses Aktifasi Kimia* ini sudah memenuhi syarat untuk dilanjutkan ke tingkat perencanaan. Dari segi ekonomi, pra rencana ini telah layak didirikan dengan masa konstruksi 2 tahun dan umur pabrik 10 tahun.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Hartono, F. Y. Saptaningtyas, and K. P. Krisnawan, "Dynamical analysis of Lorenz System on traffic problem in Yogyakarta, Indonesia," 2018, doi: 10.1088/1742-6596/983/1/012092.
- [2] S. K. Dhidan, "Removal of Phenolic Compounds from Aqueous Solution by Adsorption Onto Activated Carbons Prepared from Date Stones by Chemical Activation With FeCl_3 ," *J. Eng.*, vol. 18, no. 1, pp. 63–77, 2012.
- [3] Y. Takeuchi, "Pengantar Kimia," p. 272, 2006.
- [4] I. Finanda and M. Purwandito, "Analisis Kuat Tekan Dan Daya Serap Air Batu Bata Pasca Pembakaran Menggunakan Bahan Campuran Abu Serbuk Kayu," *J. Media Tek. Sipil Samudra*, vol. 1, no. 2, pp. 1–4, 2020.
- [5] T. Widjaja *et al.*, "Studi Proses Hybrid: Adsorpsi Pada Karbon Aktif / Membran Bioreaktor Untuk Pengolahan Limbah Cair Industri Seminar Nasional Teknik Kimia Indonesia – SNTKI 2009 TPL05-1," *Semin. Nas. Tek. Kim. Indones.*, vol. 1, pp. 19–20, 2009.
- [6] G. S. Pambayun, R. Y. E. Yulianto, M. Rachimoellah, and E. M. M. Putri, "Pembuatan karbon aktif dari arang tempurung kelapa dengan aktivator ZnCl_2 dan Na_2CO_3 sebagai adsorben untuk mengurangi kadar fenol dalam air limbah," *J. Tek. Pomits*, vol. 2 no.1, 2013, doi: 10.12962/j23373539.v2i1.2437.
- [7] Suhartana, "Pemanfaatan Tempurung Kelapa Sebagai Bahan Baku Arang Aktif Dan Aplikasinya Untuk Penjernihan Air Sumur Di Desa Belor Kecamatan Ngarangan Kabupaten Grobogan," *Berk. Fis.*, vol. Vol. 09, pp. 151–156, 2006.
- [8] E. A. Saputro, V. Dwi, R. Wulan, B. Y. Winata, R. Ramadhan, and N. K. Erliyanti, "Review article The Process of Activated Carbon from Coconut Shells Through Chemical Activation," vol. 09, no. April, 2020, doi: 10.22487/25411969.2019.v9.i1.15042.
- [9] S. Jamilatun and M. Setyawan, "Pembuatan Arang Aktif dari Tempurung Kelapa dan Aplikasinya untuk Penjernihan Asap Cair," *Spektrum Ind.*, vol. 12, no. 1, p. 73, 2014, doi: 10.12928/si.v12i1.1651.
- [10] M. Aryanti, "Penjernihan Air Sungai Lahan Gambut Menggunakan Karbon Aktif Gambut," *Univ. Indones.*, no. 416, p. 76277, 2010.
- [11] E. Kurniati, "Pemanfaatan Cangkang Kelapa Sawit Sebagai Arang Aktif," *J. Penelit. Ilmu Tek.*, vol. 8, no. 2, pp. 96–103, 2008.
- [12] Badan Pusat Statistik, "Pertumbuhan Ekonomi Indonesia Triwulan IV-2019," *Www.Bps.Go.Id*, 2020.
- [13] P. Basu, *Biomass Gasification and Pyrolysis*. 2010.
- [14] K. Udyani, D. Y. Purwaningsih, R. Setiawan, and K. Yahya, "Pembuatan Karbon Aktif dari Arang Bakau Menggunakan Gabungan Aktifasi Kimia dan Fisika dengan Microwave," *J.*

- [15] *IPTEK*, vol.23 no.1, 2019, doi: 10.31284/j.ipitek.2019.v23i1.479.
Marina Olivia Esterlita and Netti Herlina, "Pengaruh Penambahan Aktivator ZnCl_2 , Koh, Dan H_3PO_4 Dalam Pembuatan Karbon Aktif Dari Pelepeh Aren (*Arenga Pinnata*)," *J. Tek. Kim. USU*, 2015, doi: 10.32734/jtk.v4i1.1460.
- [16] E. Hugot, *Handbook of Cane Sugar Engineering*. 1972.