



Uji Pengaruh Penambahan Siklon Terhadap Kualitas Asap Cair

Test the Effect of Adding a Cyclone on the Quality of Liquid Smoke

Olana Aldhiansyah¹, Muhammad Fathuddin Noor^{2*}, Indah Noor Dwi Kusuma Dewi³

^{1,2,3}Teknik Mesin, Fakultas Teknik dan Informatika, Universitas Panca Marga, Jl. Yos Sudarso No. 107, Probolinggo, 67271

email : ¹ olanaaldhiansyah@gmail.com, ² fathuddinbox@gmail.com.ac.id, ³ indahnoordwikd@upm.ac.id

Abstract

Bintaro fruit is a drupa (seeded) fruit with lignocellulosic fiber resembling a coconut. The presence of cellulose content makes bintaro fruit potentially in the manufacture of bioethanol through a hydrolysis process that breaks down cellulose into glucose which is the raw material for bioethanol fermentation. Pyrolysis is a process of heating a substance in the absence of oxygen resulting in the decomposition of hardwood constituent components and producing substances in three forms, namely solid, liquid and gas. Pyrolysis has been used since ancient times to turn wood into charcoal on an industrial scale. This research is using experimental method. The experimental method is used to determine the effect of using a cyclone on the pyrolysis process. The final result is liquid smoke whose characteristics will be compared before and after the installation of the cyclone. The effect of pyrolysis temperature on liquid smoke can affect the resulting liquid smoke yield. Temperature and time can have an important effect on increasing the liquid smoke yield to conditions where gas production that is difficult to condense will lower the liquid obtained, so that further increases in temperature and time will reduce the liquid smoke yield. In the addition of cyclones to pyrolysis which aims to produce a clear liquid quality. In testing the addition of a cyclone to pyrolysis, it can produce clear liquid coming out of the condenser compared to a cyclone which produces a dark black color. It should be noted and tested first to find out the occurrence of leaks in the reactor tube and also pay attention to the raw material for Bintaro fruit so that it dries first before carrying out further research. It is necessary to check before conducting research on the temperature sensor cable so that it is safe not to be exposed to hot coals in order to get efficient results..

Keywords: *Effect of Adding Cyclones, Quality of Liquid Smoke.*

Abstrak

Buah bintaro merupakan buah drupa (berbiji) dengan serat lignoselulosa yang menyerupai buah kelapa. Adanya kandungan selulosa menjadikan buah bintaro berpotensi dalam pembuatan bioetanol melalui proses hidrolisis yang memecah selulosa menjadi glukosa yang merupakan bahan baku fermentasi bioetanol. Pirolisis adalah proses pemanasan suatu zat tanpa adanya oksigen sehingga terjadi penguraian komponen-komponen penyusun kayu keras dan menghasilkan zat dalam tiga bentuk yaitu padatan, cairan dan gas. Pirolisis telah digunakan sejak zaman dahulu untuk mengubah kayu menjadi arang dalam skala industri. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen. Metode eksperimen digunakan untuk mengetahui pengaruh penggunaan siklon pada proses pirolisis. Hasil akhir berupa asap cair yang akan dibandingkan karakteristiknya dengan adanya pemasangan siklon. Pengaruh suhu pirolisis terhadap asap cair dapat mempengaruhi rendeman asap cair yang dihasilkan. Suhu dan waktu berpengaruh penting atas meningkatnya rendeman asap cair sampai kondisi dimana produksi gas sulit terkondensasi, sehingga menurunkan rendeman asap cair. Pada penambahan siklon terhadap pirolisis bertujuan untuk menghasilkan kualitas cairan yang jernih. Pada pengujian penambahan siklon pada pirolisis, dapat menghasilkan cairan jernih yang keluar dari kondensor dibandingkan dari siklon yang menghasilkan warna hitam pekat.

Kata kunci : Kualitas Asap Cair, Pengaruh Penambahan Siklon.

1. Pendahuluan

Tanaman bintaro merupakan salah satu tanaman mangrove yang dapat tumbuh di tanah yang kurang nutrisi dan tersebar hampir diseluruh wilayah Indonesia sehingga mudah untuk dibudidayakan. Buah bintaro merupakan buah drupa (berbiji) dengan serat lignoselulosa yang menyerupai buah kelapa [1]. Adanya kandungan selulosa menjadikan buah bintaro berpotensi dalam pembuatan bioetanol melalui proses hidrolisis yang memecah selulosa menjadi glukosa yang merupakan bahan baku fermentasi bioetanol dan masih belum banyak dimanfaatkan sehingga nilai ekonomisnya masih rendah. Selain itu, buah bintaro berpotensi juga dalam pembuatan karbon aktif

dikarenakan kandungan lignin pada buah bintaro memiliki komposisi yang hampir sama dengan tempurung kelapa yang banyak digunakan sebagai bahan baku pembuatan karbon aktif secara komersial [2].

Pembuatan bioetanol dan karbon aktif skala besar tidak akan menimbulkan persaingan dengan pemenuhan kebutuhan pangan masyarakat karena tanaman bintaro dapat digolongkan sebagai tanaman yang memiliki kandungan racun pada biji bintaro yang menyebabkan buah bintaro tidak dapat dimakan. Disamping itu, buah bintaro dapat dibuat sebagai pembasmi hama dan bioetanol dengan cara fermentasi dari biomassa khususnya tanaman nonpangan yang banyak dikembangkan oleh negara-negara maju seperti Eropa, US, dan Brazil. Dari negara-negara tersebut telah menggunakan bioetanol sebagai energi alternatif yang dapat diperbaharui dan ramah lingkungan untuk menggantikan Bahan Bakar Minyak (BBM). Kandungan bioetanol memiliki nilai oktan yang lebih tinggi sehingga penggunaan bioetanol pada kendaraan bermotor dapat mengurangi emisi gas rumah kaca sebesar 60 sampai 90% dibandingkan penggunaan bensin [3].

Berbeda dengan negara Indonesia, bioetanol lebih banyak dimanfaatkan sebagai pelarut dalam industri kosmetik, kimia-elektronika, farmasi bagi penduduk Indonesia. Seiring berjalannya waktu dan perkembangan zaman maka akan bertambahnya populasi jumlah penduduk, maka semakin besar juga kebutuhan energi yang dibutuhkan. Energi Baru Terbarukan (EBT) yang banyak tersedia di Indonesia adalah biomassa dengan potensi sebesar 49,86 GW dan baru dimanfaatkan sebanyak 0,9%. Alasannya dikarenakan selama ini pemanfaatan asap cair masih terkendala dengan rendahnya kualitas. Pada umumnya asap cair hasil pirolisis masih bercampur dengan jelaga dan tar. Oleh karena itu sangat penting untuk merancang alat pirolisis yang dapat mengurangi kandungan tar pada asap cair [4].

Pirolisis adalah teknik pemanasan bahan tanpa keberadaan oksigen sehingga mengakibatkan dekomposisi komponen kayu keras dan membentuk tiga jenis bahan, yaitu padat, cair, dan gas. Pada saat pirolisis, senyawa-senyawa seperti selulosa, hemiselulosa, dan lignin terurai menjadi komponen-komponen yang lebih sederhana. Hasil pirolisis terdiri dari gas non-kondensasi, distilat (asap cair dan tar), dan residu berupa karbon. Diperlukan pemurnian asap cair yang dihasilkan melalui proses pirolisis untuk menentukan jenis asap cair yang dihasilkan. Asap cair kelas 1 (berwarna pucat kekuningan) dihasilkan dari destilasi dan penyaringan menggunakan zeolit, kemudian diikuti dengan fraksinasi destilasi dan penyaringan karbon aktif. Asap cair grade 2 yang berwarna kuning kecoklatan telah melalui destilasi kemudian disaring dengan zeolit untuk pengawetan bahan makanan mentah. Asap cair grade 3 coklat pekat yang telah dimurnikan dengan mendestilasi untuk menghilangkan tar dan diarahkan untuk melestarikan karet. Banyak peneliti telah menjalankan studi mengenai produksi asap cair dari cangkang kelapa sawit melalui teknik pirolisis, dengan variasi kondisi proses dan peralatan yang digunakan [2].

Diharapkan bahwa dengan meningkatkan kapasitas pirolisator dan menurunkan suhu pirolisis, efisiensi proses pembuatan asap cair dapat ditingkatkan. Tujuan penelitian adalah menghasilkan asap cair dari cangkang sawit menggunakan pirolisator dan meneliti dampak suhu pirolisis terhadap jumlah dan jenis senyawa dalam asap cair yang dihasilkan. Pembuatan asap cair dilakukan dengan menggunakan peralatan yang didesain sedemikian rupa. Buah bintaro yang sudah dikeringkan dan dibersihkan dari serabutnya sebanyak 2 kg dimasukkan ke dalam pirolisator, kemudian pirolisator ditutup rapat. Pipa stainless steel penyalur asap dihubungkan dengan socket yang ada di bagian atas pirolisator. Ujung lainnya dari pipa stainless steel tersebut dihubungkan dengan selang plastik yang terhubung dengan penampung. Seluruh bagian selang tercelup dalam ember yang berisi air. Selama proses sintesis asap cair, suhu air di kondensor dijaga dengan menambahkan es batu apabila suhu air sudah terasa hangat [5].

Setelah pemasangan peralatan selesai, kompor gas (1) sebagai sumber pemanas dinyalakan. Pemanasan dilakukan pada suhu yang bervariasi yaitu 200°C, 300°C, dan 400°C selama dua jam. Timbangan arang hasil pirolisis dilakukan bersamaan dengan pengukuran volumenya, sebelum menyimpan dan memisahkan asap cair dengan tar-nya melalui dekantasi sebelum proses destilasi. Kemudian, analisis kandungan asap cair dilakukan menggunakan perangkat GC-MS, yaitu Shimadzu GC-2010. Senyawa hasil destilasi yang sudah bebas dari endapan tar diberi pelarut dichloromethane sebelum diinjeksikan ke kolom GC-MS, dengan kondisi operasi alat, sebagai berikut : Suhu injeksi = 250°C, tekanan = 69,4 kPa, suhu = 50°C, waktu = 3 menit kecepatan = 1,22 mL/menit.

Dunia industri biasa digunakan siklon yang berbentuk kerucut untuk memisahkan gas atau uap dengan kotoran atau partikel yang lebih berat. Pada penelitian ini metode tersebut diadopsi pada alat pirolisis dengan ukuran lebih kecil untuk mengurangi kandungan tar pada asap cair [5].

Pirolisis adalah proses degradasi kimia bahan organik yang diinduksi secara termal yang terjadi tanpa adanya udara atau oksigen. Basu (2010) menunjukkan bahwa pirolisis biomassa sering terjadi pada kisaran suhu 300 oC hingga 600 oC. Hasil dari metode pirolisis ini bergantung pada berbagai parameter, seperti suhu dan laju

terjadinya pirolisis. Hasil pirolisis dapat dibagi menjadi tiga tipe dasar: residu padat dengan kandungan karbon (arang) tinggi, dan produk cair seperti tar, hidrokarbon, dan air. Produk gas tersebut antara lain karbon monoksida (CO), uap air (H₂O), karbon dioksida (CO₂), asetilena (C₂H₂), etilen (C₂H₄), etana (C₂H₆), benzena (C₆H₆), dan beberapa bahan kimia lainnya [5].

Siklon adalah suatu alat mekanis yang memisahkan bahan berdasarkan perbedaan kepadatan dan ukuran dengan menggunakan prinsip gaya sentrifugal dan tekanan rendah yang disebabkan oleh putaran. Untuk perangkat kontrol partikulat berefisiensi tinggi seperti filter kain dan pengendap elektrostatik, siklon bertindak sebagai pra-kolektor dan pelindung. Mekanisme kerja siklon adalah masuknya campuran partikel dan gas secara tangensial pada puncaknya. Bentuk siklon memaksa gas dan partikel yang terkumpul turun ke bawah dalam pola spiral [5].

Partikel-partikel tersebut didorong keluar dari pusat oleh gabungan gaya sentrifugal dan inersia. Mereka kemudian menabrak dinding dan akhirnya menetap di dasar topan. Di dekat dasar siklon, gas berbalik arah dan naik dalam bentuk spiral yang lebih kecil. Partikel-partikel tersebut dipaksa bergerak ke bawah sepanjang kemiringan kerucut ke arah saluran keluar karena gravitasi. Partikel yang lebih kecil atau kurang padat dilepaskan melalui pusat tekanan rendah di puncak siklon. Gas bersih muncul dari bagian atas siklon sementara partikel keluar dari bawah, memisahkan kedua gas tersebut [6].

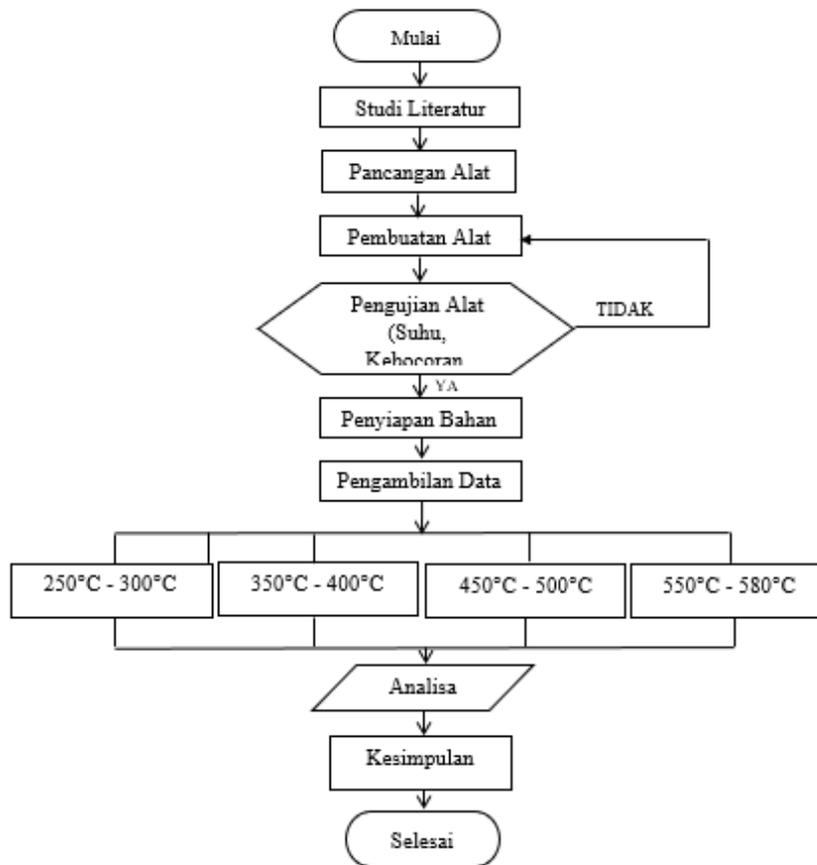
Mangrove jenis bintaro biasanya terdapat di dekat pantai dan banyak digunakan sebagai pohon peneduh di perkotaan. Sejak abad ke-15, tanaman Bintaro yang terkenal dengan racun ekstrimnya telah dimanfaatkan untuk berbagai keperluan. Buah tanaman bintaro mengandung konsentrasi bahan kimia beracun terbesar, yang didistribusikan ke seluruh tanaman. Cerberine, glikosida yang ditemukan pada daun dan buah bintaro, mungkin berpengaruh pada fungsi jantung. Selain itu, buah dan daun bintaro juga kaya akan polifenol dan saponin. Tanin dan saponin menyusun kulit kayu. Sedangkan kandungan minyak biji bintaro berkisar antara 46% hingga 64%. Trigliserida, yang sebagian besar terdiri dari molekul gliserol dan molekul asam lemak lainnya termasuk asam palmitat, stearat, oleat, miristat, linolenat, dan linoleat, membentuk minyak ini. Fenol yang meliputi tanin, saponin, dan pigmen flavonoid banyak terdapat pada buah Bintaro. Saponin dan flavonoid fenol dapat mengganggu sintesis asam nukleat, merusak kapasitas fungsi membran sitoplasma, dan menyebabkan kerusakan pada metabolisme energi bakteri. Pada akhirnya, gangguan ini menghambat perkembangan bakteri bahkan dapat menyebabkan kematian sel [7].

Asap cair dihasilkan melalui kondensasi uap hasil pembakaran dengan teknik pirolisis. Komponen penguapan diekstraksi dari zona reaktor panas dan dibiarkan mengembun dalam sistem pendingin sebagai bagian dari operasi ini. Bahan tinggi lignin, selulosa, hemiselulosa, dan komponen karbon lainnya terbakar sebagian membentuk asap cair [8].

Proses pembuatan asap cair sangatlah sederhana dan hanya membutuhkan beberapa bahan sederhana saja. Di sisi lain, hanya sedikit orang yang mengetahui proses atau luasnya kegunaan asap cair. Selain itu, masyarakat dapat memanfaatkan dan memproduksi asap cair di pedesaan karena banyaknya bahan baku yang tersedia. Selain menyediakan minyak nabati, pohon kelapa juga mendukung keuangan keluarga petani, menghasilkan devisa, memberikan lapangan kerja, mendorong tumbuhnya pusat-pusat ekonomi baru, dan mendorong perluasan sektor-sektor yang bergantung pada minyak kelapa dan produk turunannya. berlokasi di Indonesia. Para petani kini tidak menyadari manfaat penggunaan asap cair di bidang pertanian sebagai pengganti hormon dan pestisida. Pengujian dosis dan konsentrasi asap cair untuk tanaman, serta teknik pengaplikasian yang sesuai, diperlukan untuk menjamin penerapan yang benar [8].

2. Metodologi

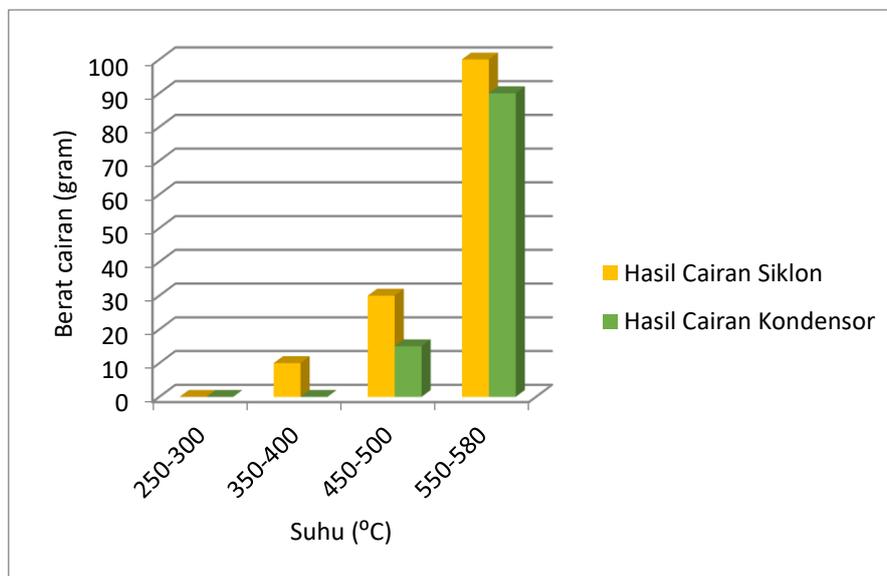
Dalam penelitian ini, uraian prosedur penelitian dapat digambarkan pada diaram alir dibawah ini :



Gambar 1. Diagram alir penelitian

3. Hasil dan Pembahasan

Data Hasil Cairan Dari Siklon Dan Kondensor



Gambar 2 Grafik Perbandingan hasil cairan dari siklon dan kondensor

Dalam penelitian yang dilakukan di Laboratorium Produksi Teknik Mesin Universitas Panca Marga, digunakan alat *pirolisis* dengan penambahan *siklon* untuk menguji proses konversi bahan organik dari buah bintaro menjadi produk-produk yang dapat dimanfaatkan, salah satunya berupa cairan. Penelitian ini dilakukan dengan berbagai variasi suhu pada rentang suhu yang berbeda, yaitu 250°C - 300°C, 350°C - 400°C, 450°C - 500°C, dan 550°C - 580°C. Penggunaan alat *pirolisis* bertujuan untuk mengurai senyawa organik melalui proses pemanasan tanpa oksigen, yang dikenal dengan istilah *pyrolysis*, sehingga menghasilkan produk berupa gas, cairan, dan padatan.

Proses *pirolisis* adalah proses termokimia yang terjadi pada suhu tinggi, di mana bahan organik terdegradasi menjadi produk berupa gas, cairan, dan padatan. Pada suhu yang lebih tinggi, reaksi penguraian berlangsung lebih cepat, yang mengarah pada peningkatan jumlah produk yang dihasilkan. Produk yang dihasilkan pada proses *pirolisis* bisa bervariasi tergantung pada suhu yang diterapkan, serta komposisi bahan baku yang digunakan. Salah satu produk utama dari *pirolisis* adalah cairan yang dikenal sebagai *bio-oil*.

Pada suhu rendah, seperti 250°C - 300°C, proses *pirolisis* menghasilkan lebih banyak padatan, karena reaksi penguraian berlangsung lebih lambat dan lebih banyak karbon yang terperangkap dalam bentuk padatan (*biochar*). Namun, ketika suhu meningkat, proses *pirolisis* menjadi lebih intensif, dan sebagian besar senyawa organik terurai menjadi gas dan cairan. Cairan yang dihasilkan pada suhu yang lebih tinggi lebih banyak dibandingkan dengan suhu yang lebih rendah, yang dapat dilihat pada grafik hasil penelitian.

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan, data yang diperoleh menunjukkan bahwa semakin tinggi suhu yang digunakan dalam proses *pirolisis*, semakin banyak cairan yang dihasilkan. Hal ini sejalan dengan prinsip dasar dari reaksi *pyrolysis*, di mana peningkatan suhu akan mempercepat reaksi penguraian senyawa-senyawa organik. Ketika suhu mencapai rentang 350°C - 400°C, 450°C - 500°C, dan 550°C - 580°C, peningkatan suhu menyebabkan lebih banyak bahan yang terdekomposisi menjadi cairan, yang biasanya mengandung senyawa-senyawa hidrokarbon.

Pada suhu yang lebih tinggi, molekul organik mengalami pemecahan yang lebih banyak, menghasilkan senyawa-senyawa yang lebih ringan seperti *bio-oil* yang memiliki potensi untuk digunakan sebagai bahan bakar alternatif. Oleh karena itu, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa suhu yang lebih tinggi dalam proses *pirolisis* dengan penambahan *siklon* dapat meningkatkan hasil cairan yang diperoleh.

Penambahan *siklon* dalam sistem *pirolisis* berfungsi untuk memisahkan produk gas dari partikel padat yang terbentuk selama proses *pyrolysis*. *Cyclone separator* ini berfungsi untuk mengumpulkan dan memisahkan padatan yang terbawa dalam aliran gas. Dalam proses ini, gas yang dihasilkan dapat lebih mudah dikondensasikan menjadi cairan. Oleh karena itu, penambahan *siklon* tidak hanya meningkatkan efisiensi proses *pirolisis*, tetapi juga memastikan bahwa lebih banyak cairan dapat dipisahkan dan dikumpulkan dari produk-produk gas yang dihasilkan.

Dalam teori *pyrolysis*, proses konversi bahan organik menjadi produk gas, cair, dan padat dipengaruhi oleh suhu dan waktu. Pada suhu rendah, *pyrolysis* lebih dominan menghasilkan produk padat (*biochar*), sedangkan pada suhu tinggi, proses *pyrolysis* lebih banyak menghasilkan produk cair (*bio-oil*) dan gas (*syngas*). Fenomena ini dapat dijelaskan dengan hukum laju reaksi kimia yang menyatakan bahwa pada suhu yang lebih tinggi, laju reaksi kimia meningkat, yang mempercepat penguraian bahan organik menjadi molekul yang lebih sederhana, sehingga lebih banyak cairan yang dihasilkan.

Hasil penelitian ini mendukung teori tersebut, yang menunjukkan bahwa semakin tinggi suhu yang diterapkan dalam proses *pirolisis*, semakin banyak cairan yang terbentuk. Namun, perlu dicatat bahwa selain suhu, faktor lain seperti waktu retensi (lama pemanasan) dan komposisi bahan baku juga memengaruhi hasil akhir dari proses *pirolisis*. Suhu yang sangat tinggi mungkin juga menyebabkan pembentukan gas yang lebih banyak, yang mempengaruhi proporsi produk cair yang dapat diperoleh.

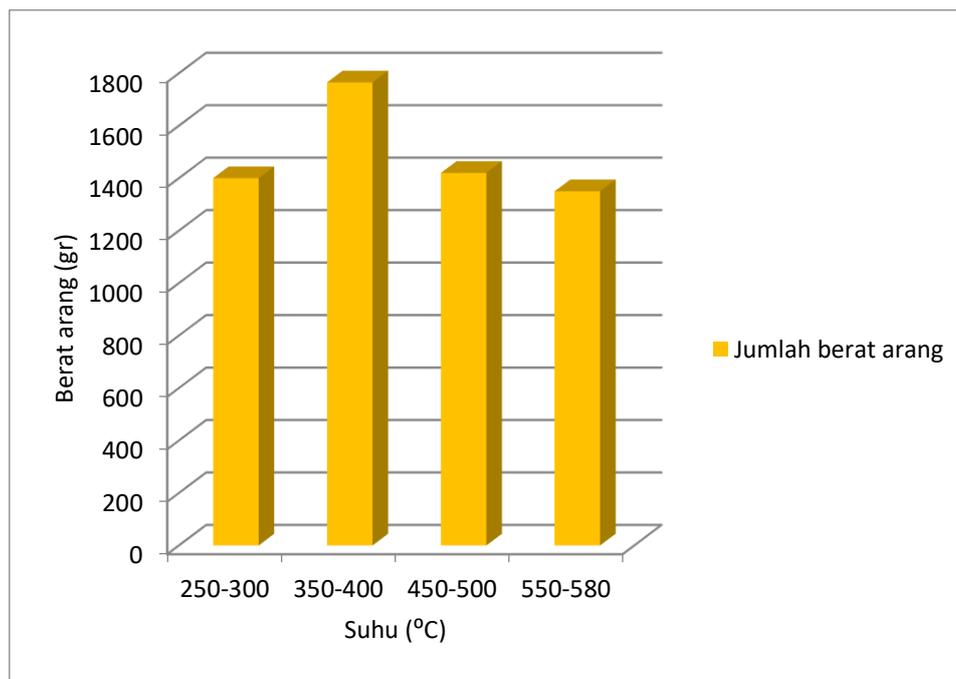
Data Hasil Arang

Dalam pengujian *pyrolysis* (pirolisis) buah bintaro dengan variasi suhu yang berbeda, yaitu 250°C - 300°C, 350°C - 400°C, 450°C - 500°C, dan 550°C - 580°C, hasil yang diperoleh menunjukkan perbedaan yang signifikan dalam jumlah arang yang dihasilkan. Proses *pyrolysis* adalah proses pemanasan bahan organik dalam kondisi tanpa oksigen, yang menghasilkan tiga produk utama: gas, cairan (biasanya disebut *bio-oil*), dan padatan (*biochar* atau arang). Dalam hal ini, hasil penelitian menunjukkan hubungan antara suhu pengujian dan jumlah arang yang terbentuk.

1. **Suhu 250°C - 300°C:** Pada rentang suhu ini, hasil arang yang diperoleh adalah 1400 gram, yang relatif rendah dibandingkan dengan suhu yang lebih tinggi. Hal ini dapat dijelaskan dengan teori *pyrolysis*, di

mana pada suhu rendah, proses dekomposisi bahan organik berjalan lebih lambat dan lebih banyak energi yang terbuang sebagai gas atau uap daripada yang terkonversi menjadi *biochar*. Pembakaran pada suhu ini kurang optimal, sehingga menghasilkan jumlah arang yang sedikit. Pada suhu yang lebih rendah, molekul bahan organik lebih cenderung terurai menjadi senyawa gas atau cairan daripada terhancurkan menjadi karbon (yang membentuk arang).

2. **Suhu 350°C - 400°C:** Pada suhu ini, hasil arang meningkat menjadi 1765 gram, meskipun masih tergolong sedikit dibandingkan dengan suhu yang lebih tinggi. Penyebab utama perbedaan ini adalah bahan baku buah bintaro yang belum cukup kering. Proses pengeringan yang kurang menyeluruh menyebabkan kelembaban pada bahan baku, yang mengurangi efisiensi *pyrolysis*. Kelembaban dalam bahan baku menyebabkan energi yang digunakan lebih banyak diserap dalam menguapkan air daripada mengkonversi bahan organik menjadi *biochar*. Dengan kata lain, kelembaban mengurangi jumlah bahan organik yang dapat terkonversi menjadi karbon, yang pada gilirannya mengurangi jumlah arang yang dihasilkan.
3. **Suhu 450°C - 500°C:** Pada rentang suhu ini, hasil arang berkurang sedikit menjadi 1420 gram, meskipun seharusnya suhu yang lebih tinggi cenderung menghasilkan lebih banyak *biochar*. Hal ini dapat dijelaskan dengan beberapa faktor eksternal yang mempengaruhi hasil, seperti kestabilan api yang kurang optimal. Pengujian dilakukan di luar ruangan, yang memungkinkan variasi suhu lebih tinggi dan ketidakstabilan pembakaran. Dalam kondisi ini, pembakaran tidak berjalan dengan sempurna, dan beberapa bahan baku tidak terbakar secara penuh, sehingga menghasilkan arang yang lebih sedikit. Selain itu, pengujian yang dilakukan di luar ruangan kemungkinan terpengaruh oleh kondisi cuaca yang tidak dapat dikendalikan, seperti angin atau kelembaban lingkungan, yang dapat memengaruhi kualitas dan jumlah arang yang dihasilkan.
4. **Suhu 550°C - 580°C:** Hasil arang yang paling optimal terjadi pada suhu ini, dengan jumlah arang yang dihasilkan sebesar 1350 gram. Pembakaran pada suhu ini cenderung lebih menyeluruh, karena suhu yang lebih tinggi memungkinkan proses dekomposisi lebih efisien dan mengurangi pembentukan gas yang terbuang. Proses *pyrolysis* pada suhu tinggi memecah lebih banyak ikatan organik dalam bahan baku, menghasilkan lebih sedikit gas dan cairan, serta lebih banyak karbon yang terkonversi menjadi *biochar*. Pada suhu yang lebih tinggi, reaksi kimia lebih cepat terjadi, dan bahan baku yang terdekomposisi menghasilkan *biochar* dalam jumlah lebih banyak, meskipun sedikit berkurang dibandingkan suhu yang lebih rendah.



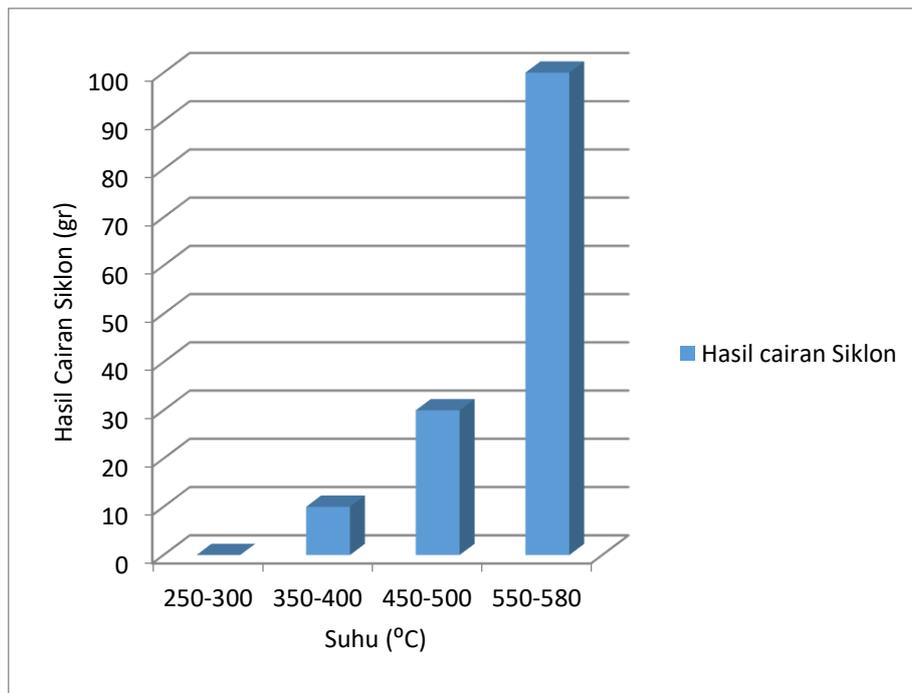
Gambar 3 Grafik Hasil Arang Pada Pengujian Pirolisis Buah Bintaro

Dalam teori *pyrolysis*, suhu sangat mempengaruhi hasil akhir dari proses ini. Pada suhu yang lebih rendah, seperti 250°C - 300°C, sebagian besar energi digunakan untuk menguapkan air dalam bahan baku, yang

mengurangi efisiensi konversi menjadi *biochar*. Sebaliknya, pada suhu yang lebih tinggi, ikatan kimia dalam bahan organik lebih cepat terpecah, menghasilkan produk gas dan cairan yang lebih banyak, sementara *biochar* yang terbentuk meningkat seiring dengan suhu yang lebih tinggi. Namun, jika suhu terlalu tinggi atau tidak stabil, kualitas pembakaran bisa menurun, seperti yang terlihat pada suhu 450°C - 500°C, yang menghasilkan jumlah arang lebih sedikit.

Selain itu, dalam pengujian di luar ruangan, faktor-faktor seperti *ambient temperature* (suhu lingkungan), *humidity* (kelembaban udara), dan kestabilan *flame* (api) juga memainkan peran penting dalam efisiensi *pyrolysis*. Pembakaran yang tidak stabil dapat mengurangi jumlah arang yang dihasilkan, meskipun suhu tinggi biasanya menghasilkan lebih banyak *biochar*. Dalam kondisi ideal, pembakaran yang terkontrol dengan baik pada suhu tinggi akan menghasilkan *biochar* yang lebih banyak, seperti yang terlihat pada suhu 550°C - 580°C.

Data Hasil Cairan Yang Dihasilkan Dari Siklon



Gambar 4. Grafik Hasil Cairan Yang Dihasilkan Dari Siklon

Dalam pengujian *pyrolysis* (pirolisis) buah bintangoro dengan variasi suhu yang berbeda, seperti yang terlihat pada hasil pengujian cairan yang dihasilkan oleh alat siklon, suhu memainkan peran kunci dalam jumlah cairan yang dihasilkan. Pada *pyrolysis*, bahan organik dipanaskan dalam kondisi tanpa oksigen untuk menghasilkan produk-produk seperti gas, cairan (sering disebut *bio-oil*), dan padatan (*biochar* atau arang). Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa suhu yang lebih tinggi berkontribusi pada peningkatan jumlah cairan yang terproduksi selama proses tersebut.

1. **Suhu 250°C - 300°C:** Pada rentang suhu ini, tidak ada cairan yang dihasilkan, yang menunjukkan bahwa suhu ini terlalu rendah untuk memicu proses *pyrolysis* secara efektif. *Pyrolysis* pada suhu rendah biasanya menghasilkan lebih banyak gas dan sedikit cairan. Pada suhu yang lebih rendah, reaksi dekomposisi bahan organik berlangsung lebih lambat, dan sebagian besar bahan terdekomposisi menjadi gas atau *volatile compounds* (senyawa mudah menguap) daripada mengubahnya menjadi cairan atau *bio-oil*. Proses ini kurang efisien dalam mengkonversi bahan menjadi cairan karena energi yang tersedia tidak cukup untuk memecah ikatan-ikatan kimia dalam bahan baku secara efektif.
2. **Suhu 350°C - 400°C:** Pada suhu ini, cairan yang dihasilkan sebesar 10 gram. Suhu ini lebih tinggi dibandingkan dengan 250°C - 300°C, yang memungkinkan reaksi kimia dalam bahan organik lebih cepat, tetapi belum cukup untuk menghasilkan *bio-oil* dalam jumlah yang signifikan. Pada rentang suhu ini, meskipun sudah ada peningkatan dalam pembentukan cairan, namun sebagian besar energi masih digunakan untuk menghasilkan gas dan sedikit *bio-oil*. Secara teori, pada suhu yang lebih rendah, bahan

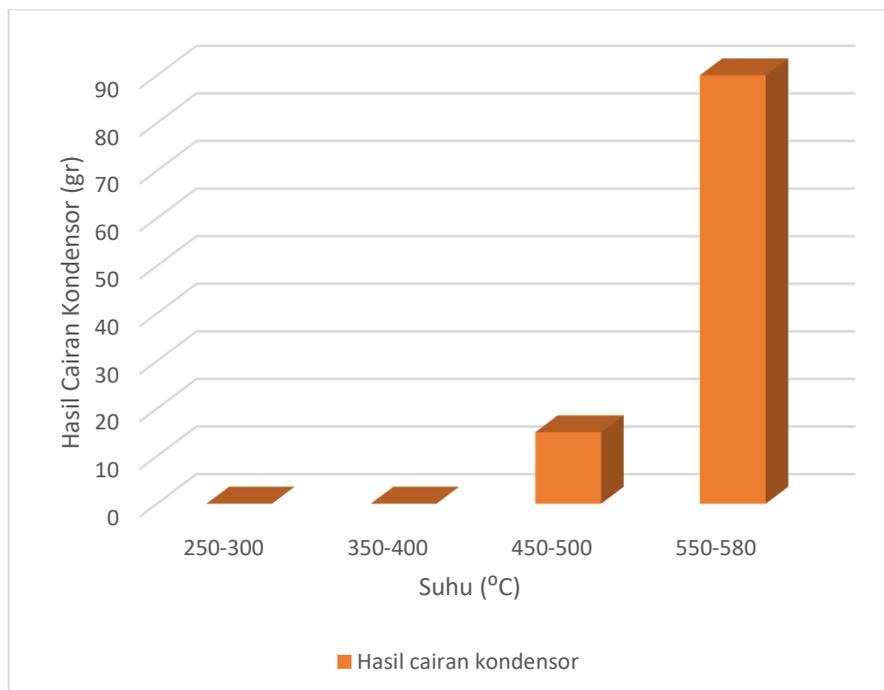
organik lebih banyak menghasilkan senyawa gas (seperti metana dan etilena) yang mudah menguap, dan hanya sebagian kecil yang terkonversi menjadi cairan.

3. **Suhu 450°C - 500°C:** Hasil pengujian pada suhu ini menunjukkan cairan yang dihasilkan sebesar 30 gram. Pada suhu yang lebih tinggi, lebih banyak ikatan karbon dalam bahan baku yang terpecah, yang memungkinkan pembentukan lebih banyak cairan, khususnya dalam bentuk *bio-oil*. Pada suhu ini, proses dekomposisi berjalan lebih cepat, dan bahan baku dapat terkonversi dengan lebih efisien menjadi cairan dan gas. Proses *pyrolysis* pada suhu ini lebih efisien dalam mengubah bahan baku menjadi cairan daripada pada suhu yang lebih rendah, karena energi yang cukup memungkinkan terjadinya pemecahan molekul yang lebih besar menjadi senyawa-senyawa yang lebih kecil, termasuk *bio-oil*.
4. **Suhu 550°C - 580°C:** Pengujian pada suhu ini menghasilkan cairan sebanyak 100 gram, yang merupakan hasil tertinggi dari semua variasi suhu yang diuji. Pada suhu yang sangat tinggi, sebagian besar bahan organik terkonversi menjadi gas, namun reaksi *pyrolysis* juga menghasilkan jumlah cairan yang jauh lebih besar. Pada suhu tinggi, proses dekomposisi sangat efisien dalam menghasilkan *bio-oil* karena pemecahan senyawa organik yang lebih cepat dan lebih menyeluruh. Di sini, hampir semua energi digunakan untuk memecah bahan menjadi molekul yang lebih kecil, menghasilkan lebih banyak cairan dan gas. Selain itu, pada suhu yang lebih tinggi, volatilitas bahan baku meningkat, memungkinkan pembentukan *bio-oil* yang lebih banyak dibandingkan pada suhu yang lebih rendah.

Pada teori *pyrolysis*, suhu memiliki pengaruh besar terhadap komposisi produk yang dihasilkan, khususnya dalam hal perbandingan antara gas, cairan (*bio-oil*), dan padatan (*biochar*). Pada suhu rendah, sebagian besar produk yang dihasilkan adalah gas, dengan sedikit cairan yang terbentuk. Sebaliknya, pada suhu yang lebih tinggi, dekomposisi bahan organik lebih cepat, dan lebih banyak produk cairan (yang dikenal sebagai *bio-oil*) yang terbentuk. Proses ini juga menghasilkan gas yang lebih volatil dan padatan berupa *biochar*, meskipun jumlah *biochar* bisa lebih sedikit pada suhu tinggi.

Proses *pyrolysis* pada suhu yang sangat tinggi (550°C - 580°C) cenderung menghasilkan lebih banyak cairan, tetapi kualitas *bio-oil* yang dihasilkan bisa beragam tergantung pada bahan baku yang digunakan dan kondisi pengujian. Pada suhu yang lebih rendah, meskipun jumlah cairan yang dihasilkan sedikit, kualitas *bio-oil* yang terbentuk lebih tinggi, karena dekomposisi yang lebih lambat menghasilkan produk cairan dengan kualitas yang lebih baik.

Data Hasil Cairan Yang Dihasilkan Dari Kondensor



Gambar 5. Grafik Hasil Cairan Yang Dihasilkan Dari Kondensor

Pengujian yang dilakukan dengan menambahkan alat siklon pada proses *pyrolysis* buah bintaro menggunakan variasi suhu berbeda (250°C - 300°C, 350°C - 400°C, 450°C - 500°C, dan 550°C - 580°C) memberikan hasil yang menunjukkan pentingnya suhu dalam menghasilkan cairan dari proses *pyrolysis*. Proses *pyrolysis* adalah dekomposisi bahan organik dengan pemanasan pada suhu tinggi dalam kondisi terbatas oksigen, menghasilkan tiga produk utama: gas, cairan (*bio-oil*), dan padatan (*biochar*).

1. **Suhu 250°C - 300°C dan 350°C - 400°C:** Pada rentang suhu ini, tidak ada cairan yang dihasilkan, yang mungkin disebabkan oleh beberapa faktor teknis. Proses *pyrolysis* pada suhu yang relatif rendah (250°C - 400°C) tidak cukup kuat untuk memecah bahan baku menjadi gas dan cairan dalam jumlah yang signifikan. Ketika suhu terlalu rendah, reaksi dekomposisi menjadi lebih lambat dan tidak lengkap, sehingga gas yang dihasilkan cenderung tidak memiliki cukup energi untuk mengondensasi menjadi cairan dalam *condensation unit* atau tabung kondensor. Selain itu, berdasarkan teori *pyrolysis*, suhu rendah lebih cenderung menghasilkan gas, dan banyak energi yang hilang dalam bentuk panas yang tidak digunakan secara efisien. Penggunaan siklon yang tidak optimal juga dapat menghambat aliran gas dan mengurangi efisiensi kondensasi, yang dapat menyebabkan tidak ada cairan yang terbentuk pada suhu ini.
2. **Suhu 450°C - 500°C:** Pada suhu ini, cairan mulai terbentuk, meskipun dalam jumlah yang lebih sedikit, yaitu 15 gram. Proses *pyrolysis* pada suhu 450°C - 500°C lebih efisien dalam mengonversi bahan organik menjadi gas dan cairan. Peningkatan suhu meningkatkan energi yang tersedia untuk memecah ikatan kimia dalam bahan baku, sehingga lebih banyak *bio-oil* yang terbentuk. Namun, meskipun ada peningkatan produksi cairan, jumlahnya relatif kecil dibandingkan dengan suhu yang lebih tinggi. Proses kondensasi juga sudah mulai lebih efektif pada suhu ini, meskipun gas yang terbentuk masih kurang banyak untuk menghasilkan cairan dalam jumlah besar. Penambahan siklon pada sistem ini dapat membantu mempercepat pemisahan partikel gas dan padat, serta meningkatkan aliran gas menuju kondensor untuk memaksimalkan pembentukan cairan.
3. **Suhu 550°C - 580°C:** Pada suhu tertinggi ini, pengujian menghasilkan cairan sebanyak 90 gram, yang merupakan jumlah terbesar dibandingkan suhu lainnya. Peningkatan suhu ke tingkat ini memungkinkan reaksi *pyrolysis* berlangsung dengan sangat efisien, menghasilkan lebih banyak gas yang dapat mengondensasi menjadi *bio-oil*. Seiring dengan meningkatnya suhu, gas yang terbentuk memiliki lebih banyak energi kinetik, yang memungkinkan kondensasi gas menjadi cairan yang lebih efisien dalam tabung kondensor. Penambahan siklon pada sistem membantu dalam mengoptimalkan pemisahan gas dan padatan, memastikan aliran gas yang lancar menuju kondensor untuk proses kondensasi yang lebih baik. Dengan suhu yang lebih tinggi, proses dekomposisi bahan organik berlangsung lebih cepat, dan reaksi kimia menghasilkan lebih banyak produk cairan daripada pada suhu rendah.

Proses *pyrolysis* melibatkan dekomposisi bahan organik pada suhu tinggi, yang mengarah pada pembentukan tiga produk utama: gas, cairan (*bio-oil*), dan padatan (*biochar*). Suhu yang digunakan dalam proses ini memainkan peran krusial dalam menentukan distribusi produk akhir. Berdasarkan teori *pyrolysis*, pada suhu rendah (250°C - 400°C), sebagian besar produk yang terbentuk adalah gas, dengan sedikit atau bahkan tidak ada cairan, karena suhu tersebut tidak cukup tinggi untuk memecah molekul organik secara efisien menjadi gas dan cairan. Pada suhu menengah (450°C - 500°C), reaksi *pyrolysis* menghasilkan lebih banyak cairan, meskipun jumlahnya masih terbatas. Sementara pada suhu tinggi (550°C - 580°C), proses menjadi sangat efisien, menghasilkan lebih banyak cairan karena energi yang tersedia untuk memecah bahan baku menjadi molekul yang lebih kecil yang dapat mengondensasi menjadi cairan. Oleh karena itu, penambahan siklon sangat membantu dalam meningkatkan efisiensi kondensasi, karena siklon memisahkan gas dari padatan dan meningkatkan aliran gas ke kondensor, sehingga lebih banyak cairan yang dapat terbentuk.

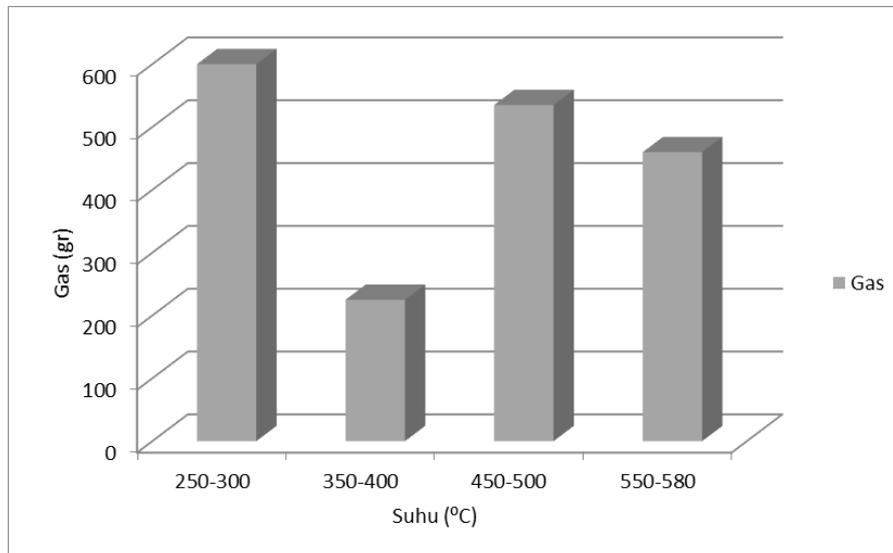
Data Hasil Gas (Tidak Terkondensasi)

Hasil dari pengujian pirolisis buah bintaro pada berbagai suhu menunjukkan hubungan yang jelas antara suhu dan jumlah gas yang dihasilkan. Proses *pyrolysis* adalah dekomposisi termal bahan organik pada suhu tinggi, dalam kondisi terbatas oksigen, yang menghasilkan tiga produk utama: gas, cairan (*bio-oil*), dan padatan (*biochar*). Perbandingan hasil gas yang diperoleh pada berbagai suhu (250°C - 300°C, 350°C - 400°C, 450°C - 500°C, dan 550°C - 580°C) memberikan wawasan penting tentang bagaimana suhu memengaruhi distribusi produk dalam proses *pyrolysis*.

1. **Suhu 250°C - 300°C:** Pada suhu rendah ini, hasil gas yang dihasilkan cukup tinggi, yaitu 600 gram. Hal ini dapat dijelaskan dengan teori bahwa pada suhu rendah, bahan organik cenderung terdekomposisi menjadi gas lebih banyak daripada cairan atau padatan. Proses *pyrolysis* pada suhu ini lebih banyak menghasilkan produk gas, meskipun reaksi dekomposisi belum terjadi secara optimal. Pada suhu ini,

energi yang tersedia tidak cukup untuk memecah bahan organik menjadi molekul yang lebih kecil yang bisa mengkondensasi menjadi cairan. Sebaliknya, sebagian besar energi akan dilepaskan dalam bentuk gas.

2. **Suhu 350°C - 400°C:** Pada suhu ini, gas yang dihasilkan lebih sedikit, yaitu 225 gram. Suhu tersebut masih cukup rendah untuk menghasilkan gas, tetapi lebih banyak energi yang dibutuhkan untuk memecah ikatan kimia yang lebih kuat dalam bahan organik. Sebagian energi digunakan untuk memecah bahan baku, dan reaksi dekomposisi lebih banyak menghasilkan padatan, yang memperkecil jumlah gas yang terbentuk. Selain itu, suhu yang lebih rendah cenderung mengurangi tingkat reaksi dekomposisi *pyrolysis* secara keseluruhan, menghasilkan gas dalam jumlah yang lebih rendah.
3. **Suhu 450°C - 500°C:** Pada suhu ini, jumlah gas yang dihasilkan meningkat menjadi 535 gram. Peningkatan suhu memfasilitasi reaksi dekomposisi menjadi lebih efisien, menghasilkan lebih banyak gas dan cairan. Pada suhu ini, suhu cukup tinggi untuk memecah sebagian besar ikatan kimia dalam bahan organik, yang mempercepat konversi bahan baku menjadi produk gas dan cairan. Proses *pyrolysis* mulai lebih optimal, dengan peningkatan jumlah gas yang terbentuk, meskipun jumlah gas belum mencapai tingkat yang paling tinggi.
4. **Suhu 550°C - 580°C:** Hasil gas yang dihasilkan pada suhu ini adalah 460 gram, yang sedikit lebih rendah daripada suhu 250°C - 300°C, tetapi masih menunjukkan hasil yang signifikan. Proses *pyrolysis* pada suhu ini lebih efisien dalam menghasilkan cairan dan gas. Meskipun suhu lebih tinggi mempercepat reaksi dekomposisi, pada suhu yang sangat tinggi, gas yang dihasilkan bisa lebih mudah menguap atau terkondensasi menjadi *bio-oil* pada tabung kondensor, mengurangi jumlah gas yang terukur. Sebagian gas yang terbentuk mungkin juga hilang melalui sistem yang tidak sepenuhnya kedap.



Gambar 6. Grafik perbandingan suhu dan gas (tidak terkondensasi).

Pada umumnya, dalam proses *pyrolysis*, suhu yang lebih rendah menghasilkan lebih banyak gas, sementara suhu yang lebih tinggi cenderung menghasilkan lebih banyak cairan (*bio-oil*) dan padatan (*biochar*). Namun, hasil yang didapat juga dipengaruhi oleh kecepatan reaksi dekomposisi dan kemampuan untuk mengkondensasi produk gas menjadi cairan. Pada suhu yang lebih rendah, dekomposisi terjadi lebih lambat dan tidak menyeluruh, menghasilkan lebih banyak gas. Pada suhu yang lebih tinggi, proses dekomposisi berlangsung lebih cepat, namun dengan peningkatan pembentukan cairan dan padatan.

Hasil yang diperoleh dari pengujian ini menunjukkan bahwa meskipun suhu rendah (250°C - 300°C) menghasilkan jumlah gas yang lebih besar, suhu yang lebih tinggi (450°C - 500°C dan 550°C - 580°C) cenderung menghasilkan distribusi produk yang lebih efisien, dengan peningkatan jumlah cairan yang dihasilkan. Ini menunjukkan bahwa dalam proses *pyrolysis*, suhu memainkan peran kunci dalam menentukan produk akhir dan efisiensi proses. Meskipun gas lebih banyak dihasilkan pada suhu rendah, suhu yang lebih tinggi meningkatkan efisiensi konversi bahan baku menjadi produk yang lebih berguna, seperti cairan dan gas yang dapat digunakan sebagai bahan bakar alternatif.

4. Kesimpulan

Dari hasil pengujian uji pengaruh penambahan siklon terhadap kualitas asap cair dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Suhu pirolisis memberikan pengaruh terhadap produksi asap cair dari buah bintaro, yaitu semakin lama dan semakin tinggi suhu yang digunakan maka semakin banyak cairan yang dihasilkan.
2. Produk pirolisis yang diperoleh dari siklon memiliki karakter warna yang lebih gelap aroma yang menyengat dan jumlah yang dihasilkan lebih banyak. Sedangkan produk dari kondensor memiliki karakter warna yang lebih jernih aroma yang tidak terlalu menyengat dan jumlah yang dihasilkan lebih sedikit.

Referensi

- [1] Iman, G., & Handoko, T. (2011). Pengolahan Buah Bintaro sebagai Sumber Bioetanol dan Karbon Aktif. Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia “Kejuangan,” 2005, 1–5.
- [2] Yulianti, E., Jannah, R., Khoiroh, L. M., & Istighfarini, V. N. (2019). Briket Arang Tempurung Kawista (*Limonia acidissima*) Teraktivasi NaOH dengan Perakat Alami. *Al-Kimiya*, 6(1), 1–8. <https://doi.org/10.15575/ak.v6i1.4798>
- [3] Sadat, N. S., Budha, M., & Muhamad, F. R. I. (2020). Analisis Perbandingan Kekuatan Tarik Komposit Berbahan Serat Sabut Kelapa Dan Serat Buah Bintaro. 12(1), 1–8.
- [4] Afrah, B. D., Riady, M. I., Cundari, L., Rizan, M. A., & Aryansyah, A. D. (2020). Rancang bangun alat produksi asap cair dengan metode pirolisis menggunakan software fusion 360. *Jurnal Teknik Kimia*, 26(3), 113–121. <https://doi.org/10.36706/jtk.v26i3.103>
- [5] Ryanto 2020 Analisis Keseimbangan Energi pada Reaktor Pirolisis Kapasitas 75 Kg/Jam Seminar Nasional Penelitian LPPM UMJ Website: <http://jurnal.umj.ac.id/index.php/semnaslit> E-ISSN: 2745-6080
- [6] Muchlisin Riadi, 2020, Asap Cair (Liquid Smoke) Alamat website: <https://www.kajianpustaka.com/2020/05/asap-cair-liquid-smoke.html>, Diakses tanggal 29 September 2022.
- [7] Putri, S. E., Dharmono, D., & Irianti, R. (2022). Kajian Etnobotani Cerbera manghas (Bintaro) Pada Masyarakat Dayak Bakumpai Desa Bagus Kabupaten Barito Kuala Sebagai Buku Ilmiah Populer. *JUPEIS : Jurnal Pendidikan Dan Ilmu Sosial*, 1(4), 139–152. <https://doi.org/10.57218/jupeis.voll.iss4.376>
- [8] Ridhuan, K., Winarno, E., & Irawan, D. (2022). Analisa proses pirolisis dengan variasi jumlah tabung pembakaran terhadap Karakteristik hasil bio-oil. *Turbo : Jurnal Program Studi Teknik Mesin*, 11(2). <https://doi.org/10.24127/trb.v11i2.2347>