

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Tanaman Pisang Klutuk

Pisang merupakan tumbuhan yang berasal dari asia dan tersebar di Spanyol, Italia, Indonesia dan bagian dunia lainnya. Pada dasarnya tanaman pisang merupakan tumbuhan yang tidak memiliki batang sejati. Batang pohonnya terbentuk dari perkembangan dan pertumbuhan pelepahnya yang mengelilingi poros lunak panjang [6]. Pisang merupakan salah satu buah yang banyak tumbuh di Indonesia. Negara Indonesia merupakan salah satu negara yang dikenal sebagai produsen pisang dunia. Indonesia telah memproduksi sebanyak 6,20 % dari total produksi dunia, 50 % produksi pisang Asia berasal dari Indonesia. Tanaman pisang merupakan suatu tumbuhan yang dari akar hingga daunnya dapat digunakan dan dimanfaatkan oleh manusia [18]. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 2.

Diantara jenis pisang yang ada di Indonesia, maka terdapat jenis pisang yang bijinya banyak, yaitu pisang klutuk. Tanaman pisang ini mempunyai nama latin *Musa balbisiana* Cola untuk lebih jelasnya bisa dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Batang pisang klutuk

Tanaman pisang ini berbatang semu (nampak di atas tanah) tinggi dapat mencapai \pm 3m. Di atas batang semu tersebut terdapat banyak daun yang menggerombol dengan pelepah daun 1 - 2 m. Daun mudah robek. Perbungaan keluar dari ujung batang, dekat daun berbentuk tandan, warna bunga putih. Buah juga berbentuk tandan setelah masak berwarna kuning. Pisang biji rasanya manis tetapi banyak sekali bijinya, 1 buah terdapat \pm 50 biji, biji kecil, warna hitam (seperti biji kapuk randu). Kedudukan tanaman pisang klutuk dalam taksonomi tanaman adalah sebagai :

- Divisi : *Spermatophyta* (tumbuhan berbiji)
- Sub divisi : *Angiospermae* (berbiji tertutup)
- Kelas : *Monocotyledonae* (biji berkeping satu)
- Ordo : *Scitaminae*
- Famili : *Musaceae*
- Sub famili : *Muscoideae*
- Genus : *Musa*
- Spesies : *Musa balbisiana*

Pisang termasuk tanaman yang mudah tumbuh dan produktivitasnya akan menjadi optimal jika ditanam di daerah dataran rendah. Iklim yang dikehendaki adalah iklim basah dengan curah hujan merata sepanjang tahun. Tanaman pisang menyukai tanah liat yang mengandung sedikit kapur.

Pisang klutuk memiliki ciri-ciri :

- 1) Tinggi pohon 3 meter, lingkaran batang 60 cm -70 cm, berwarna hijau dengan bercak ataupun tanpa bercak
- 2) Daun besar dan panjang (2 m x 0,6 m), kadang berlapis lilin tipis, sukar sobek.
- 3) Tandan buah panjangnya 20 cm – 100 cm dengan 5 – 7 sisir dan tiap sisir berjumlah 12 – 18 buah yang tersusun rapat.
- 4) Buah berpenampang segi tiga atau segi empat, berkulit tebal, daging berwarna putih atau kekuningan, teksturnya agak kasar, buah berbiji banyak.

2.1.1 Batang Pisang

Batang pisang merupakan salah satu komponen penting pada pohon pisang. Batang pisang atau yang sering disebut gedebog sebenarnya bukan batang melainkan

batang semu yang terdiri dari pelepah yang berlapis menjulang menguat dari bawah keatas sehingga dapat menopang daun dan buah pisang. Batang pisang mengandung lebih dari 10-15 % air dan memiliki kandungan selulosa dan glukosa yang tinggi yang mana kadar selulosa batang pisang sekitar 60-65%. Selulosa merupakan serat-serat panjang yang bersama-sama hemiselulosa, pektin dan protein membentuk struktur jaringan yang memperkuat dinding sel tanaman. Pada proses pematangan, penyimpanan atau pengolahan, komponen selulosa dan hemiselulosa mengalami perubahan sehingga terjadi perubahan struktur [20].

Di dalam batang pisang terkandung getah yang menyimpan banyak manfaat, yang salah satunya digunakan di dalam dunia medis. Getah pisang mengandung saponin, antrakuinon, dan kuinon yang dapat berfungsi sebagai anti biotik dan penghilang rasa sakit. Selain itu, terdapat pula kandungan lektin yang berfungsi untuk menstimulasi pertumbuhan sel kulit. Kandungan-kandungan tersebut dapat membunuh bakteri agar tidak dapat masuk pada bagian tubuh kita yang sedang mengalami luka. Getah gedebog pisang bersifat mendinginkan. Zat tanin pada getah batang pisang bersifat antiseptik, sedangkan zat saponin berkhasiat mengencerkan dahak. Batang pisang banyak dimanfaatkan masyarakat, terutama bagian yang mengandung serat. Setelah dikelupas tiap lembar sering dimanfaatkan sebagai pembungkus untuk bibit tanaman sayuran, dan setelah dikeringkan digunakan untuk tali pada pengolahan tembakau, dan dapat pula digunakan untuk kompos.

Batang pisang memiliki serat putih yang sangat kuat sehingga tidak diperlukan pemutihan, dan dapat diproduksi setebal 20 gsm (*Gram per Square Meter*). Batang pisang terdiri dari 2 lapisan yang dapat menghasilkan bermacam produk sekaligus. Lapisan luar berstruktur kasar, kekuatan basah tinggi, sifat barrier, dan tidak mudah terbakar. Lapisan dalam mempunyai sifat yang sama namun berstruktur serat lebih halus. Batang pisang mengandung selulosa dalam jumlah yang cukup tinggi dengan kandungan lignin yang sedikit.

Batang pisang diharapkan baik dipergunakan sebagai bahan baku bioetanol karena berkadar lignin rendah (5%), selulosa (63-64%) dan hemiselulosa (20%) tinggi, sedangkan seratnya relatif panjang sekitar 4,29 mm. Kadar lignin yang rendah dari batang pisang merupakan keuntungan lain karena proses pembuatan pulp relatif membutuhkan bahan pemasak yang relatif sedikit dan waktu yang relatif singkat

sehingga memberikan keuntungan secara ekonomis. Komposisi kimia pada beberapa batang pisang dapat dilihat pada Tabel 1 dan kadar selulosa dan lignin dari beberapa tanaman lainnya dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 1. Komposisi kimia Batang pisang

Komposisi Kimia	Batang Pisang		
	Klutuk	Kepok	Putri
Selulosa	87,3 %	27,265 %	83,26 %
Lignin	5 %	3,26 %	5,59 %

Sumber: Veronika (2016).

Tabel 2. Kadar Selulosa dan Lignin dari Beberapa Tanaman

No	Tanaman	Selulosa (%)	Lignin (%)
1	Alang –alang	44,78	21,42
2	Batang pisang	63,9	9,7
3	Jerami	35,44	11,49
4	Ampas tebu	44,7	19,7
5	Akasia	55,69	24,46

Sumber : Balai besar Litbang Industri Selulosa (1983)

2.1.2 Selulosa

Selulosa adalah zat karbohidrat yang merupakan struktur dasar sel–sel tanaman dengan kadar 40 – 50 %. Rumusan molekul selulosa adalah $C_6H_{11}(C_6H_{10}O_5)_n C_6H_{11}O_5$. Selulosa terdapat pada semua tanaman dari pohon bertingkat tinggi hingga organisme primitif seperti lumut dan rumput laut. Selulosa tidak larut dalam air maupun zat pelarut organik dan mempunyai daya tarik yang tinggi. Menurut *Building Material and Technology Promotion Council*, komposisi kimia batang pisang ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. komposisi batang pisang

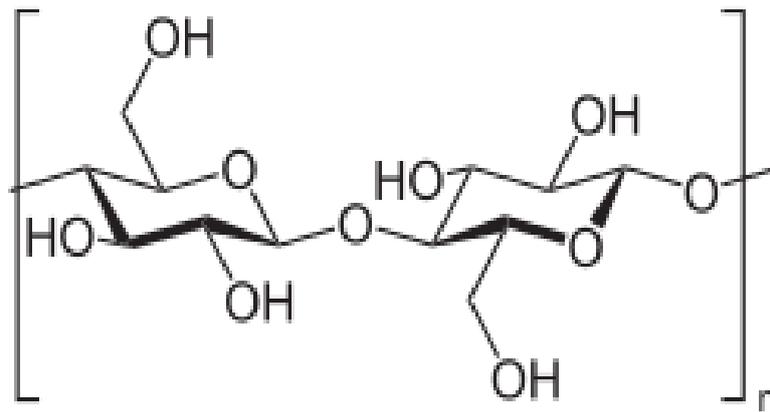
Komposisi Kimia	Kandungan (%)
Lignin	5-10
Selulosa	60-65
Hemiselulosa	6-8
Air	10-15

sumber : *Building Material and Technology Promotion Council*

Selulosa merupakan polimer dengan rumus kimia $(C_6H_{10}O_5)_n$. Dalam hal ini adalah jumlah pengulangan unit gula atau derajat polimerisasi yang harganya bervariasi berdasarkan sumber selulosa dan perlakuan yang diterimanya.

Selulosa terdapat pada sebagian besar dalam dinding sel dan bagian-bagian berkayu dari tumbuh-tumbuhan. Selulosa mempunyai peran yang menentukan karakter serat dan memungkinkan penggunaannya dalam menghasilkan bioetanol.

Selulosa terdapat lebih dari 50% dalam kayu yang berwarna putih, mempunyai kulit tarik yang besar dan mempunyai rumus kimia ($C_6H_{10}O_5$) dan berat molekul 162, setiap struktur selulosa mengandung 3 group alkohol hidroksil seperti di tunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Struktur Selulosa

Berdasarkan derajat polimerisasi berat molekul tergantung dari panjang rantai carbon serat jenis bahannya dan panjang rantai. Panjang rantai selulosa dibagi menjadi 3 macam yaitu :

1. Alpha Selulosa, yaitu rantainya panjang, tak larut dalam air, sukar larut dalam alkali dan penyusun utama adalah selulosa.
2. Beta Selulosa, yaitu rantainya pendek, larut dalam air, bila di beri asam akan mengendap lagi
3. Gamma Selulosa, yaitu rantainya lebih pendek, larut dalam alkali dan bila diberi asam tidak mengendap.

2.2. Bioetanol

Bioetanol merupakan etanol atau kependekan dari etil alkohol (C_2H_5OH) atau sering juga disebut dengan grain alkohol. Sifat lainnya adalah larut dalam air dan eter dan mempunyai panas pembakaran 328 Kkal. Etanol dapat diperoleh dari hasil proses fermentasi gula dengan menggunakan bantuan mikroorganisme. Dalam industri, etanol digunakan sebagai bahan baku industri turunan alkohol, campuran untuk miras, bahan

dasar industri farmasi, dan campuran bahan bakar untuk kendaraan. Etanol terbagi dalam tiga grade, yaitu grade industri dengan kadar alkohol 90-94%, netral dengan kadar alkohol 96-99,5% umumnya digunakan untuk minuman keras atau bahan baku farmasi dan grade bahan bakar dengan kadar alkohol diatas 99,5%. Etanol merupakan zat cair, tidak berwarna, berbau spesifik, mudah terbakar dan menguap, dapat bercampur dengan air dengan segala perbandingan. [7]

Bioetanol merupakan etanol yang dibuat dari biomassa yang mengandung komponen gula, pati atau selulosa seperti singkong dan tetes tebu. Etanol umumnya digunakan dalam industri sebagai bahan baku industri turunan alkohol, campuran untuk minuman keras seperti sake atau gin, dan bahan baku farmasi dan kosmetika. Berdasarkan kadar alkoholnya, etanol terbagi menjadi tiga grade yaitu grade industri dengan kadar alkohol 90-94 %, netral dengan kadar alkohol 96-99,5 %, umumnya digunakan untuk minuman keras atau bahan baku farmasi, dan grade bahan bakar dengan kadar alkohol diatas 99,5 – 100 % [8].

Etanol (etil alkohol) dengan rumus kimia C_2H_5OH adalah salah satu turunan dari senyawa hidroksil atau gugus OH. Etanol mempunyai sifat tidak berwarna, mudah menguap, mudah larut dalam air, memiliki berat molekul 46,1, titik didih $78,3^{\circ}C$, membeku pada suhu $-117,3^{\circ}C$, densitas 0,789 pada suhu $20^{\circ}C$, nilai kalor 7077 kal/gram, panas laten penguapan 204 kal/gram dan angka oktan 91–105 [9]. Etanol dapat diproduksi dari minyak bumi ataupun dari bahan nabati. Etanol dari minyak bumi (dikenal sebagai etanol sintetis) dihasilkan dari hidrasi gas ethylene yang merupakan hasil samping pemurnian minyak bumi menggunakan katalis asam pospat. Sementara etanol dari bahan nabati (dikenal sebagai bioetanol) dihasilkan dari fermentasi bahan mengandung karbohidrat.

Bioetanol dapat digunakan sebagai bahan bakar kendaraan atau dengan cara mencampurkannya dengan bensin (gasohol). Bioetanol mempunyai tingkat oktan lebih tinggi (104 RON) dibandingkan bensin (95 RON). Saat dicampur dengan bensin, kadar oktan bensin akan meningkat dan kinerja mesin juga meningkat. Selain itu, penggunaan gasohol membuat busi dan pelumas mesin tetap bersih karena pembakarannya lebih sempurna dibandingkan bensin, serta menurunkan kadar emisi gas yang berbahaya bagi lingkungan (relatif terhadap gasolin). Keunggulan penggunaan bioetanol tersebut membuat pemerintah mengeluarkan SK Dirjen Minyak dan Gas Bumi

No.3674K/24/DJM/2006 tanggal 17 Maret 2006 tentang penggunaan bioetanol sebagai campuran bensin [8]. Berikut ini adalah roadmap penyediaan dan pemanfaatan bioetanol di Indonesia yang dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Roadmap penyediaan dan pemanfaatan bioetanol di Indonesia.

Desripsi	2006	2007	2008	2009	2010	2015	2020	2025
Konsumsi bensin (Kkl)	17.170	18.370	19.660	21.000	22.510	31.570	44.280	62.110
Target Blue Print	343	367	393	420	4.106	947	2.214	3.106
Substitusi:								
-Presentase (%)	1	4	7	10	10	10	10	10
-Volume (Kkl)	172	735	1.376	2.100	2.251	3.157	4.428	6.221
Bahan baku:								
-Singkong	138	588	1.100	1.680	1.800	2.526	3.542	4.969
-Sorgun	172	184	197	210	225	316	443	621
-lain-lain	-	-	79	210	225	315	443	621
Real tanam:								
-Singkong	37.674	160.524	300.300	458.640	458.400	689.966	966.966	1.356.537
-sorgum	85.850	91.850	98.300	98.300	112.550	221.400	221.400	310.550

Sumber : Hendrawati, 2018.

Indonesia sebagai negara agraris mempunyai potensi bahan baku yang sangat besar untuk menghasilkan bioetanol. Dengan penggunaan bioetanol sebagai bahan bakar motor dapat mengatasi beberapa permasalahan seperti menipisnya cadangan minyak bumi serta isu global warming yang semakin berkembang. Fakta-fakta seperti yang telah dijabarkan di atas akan memberikan prospek pengembangan bioenergi (bioetanol) yang sangat cerah bagi Indonesia.

Bioetanol yang digunakan sebagai bahan bakar mempunyai beberapa kelebihan, diantaranya lebih ramah lingkungan, karena bahan bakar tersebut memiliki nilai oktan 92 lebih tinggi dari premium nilai oktan 84, dan pertamax nilai oktan 94. Hal ini menyebabkan bioetanol dapat menggantikan fungsi zat aditif yang sering di tambahkan untuk memperbesar nilai oktan. Zat aditif yang banyak digunakan seperti metal tersierbutil eter dan Pb, namun zat aditif tersebut sangat tidak ramah lingkungan dan bisa bersifat toksik. Berikut spesifikasi bioethanol berdasarkan dirjen migas SNI 7390-2008 pada Tabel 5.

Tabel 5. Spesifikasi bioetanol standar migas

No.	Sifat	Unit	Spesifikasi
1.	Kadar etanol	%-v	Min. 99
2.	Kadar methanol	mg/L	Max. 300
3.	Kadar air	%-v	Max. 1
4.	Kadar denaturan	%-v	2 – 5
5.	Kadar tembaga (Cu)	mg/kg	Max. 0,1
6.	Keasaman sebagai CH ₃ COOH	mg/L	Max. 30
7.	Tampakan	-	Jernih dan terang, tidak ada endapan dan kotoran.
8.	Kadar ion klorida (Cl ⁻)	mg/L	Max. 40
9.	Kandungan belerang (S)	mg/L	Max. 50
10.	Kadar getah (gum), dicuci	mg/100 ml	Max. 5
11.	pH	-	6,5 – 9

Sumber: SNI 7390-2008

Bioetanol juga merupakan bahan bakar yang tidak mengakumulasi gas karbon dioksida (CO₂) dan relative kompotibel dengan mesin mobil berbahan bakar bensin. Kelebihan lain dari bioetanol ialah cara pembuatannya yang sederhana yaitu fermentasi menggunakan mikroorganisme tertentu. Bioetanol memiliki banyak manfaat karena dicampurkan dengan bensin pada komposisi berapapun memberikan dampak positif dalam mengurangi emisi yang dihasilkan oleh bahan bakar minyak (bensin).

2.3. Fermentasi

Fermentasi adalah proses perubahan kimia dalam substrat organik yang dapat berlangsung akibat adanya katalisator biokimia yaitu enzim yang dihasilkan oleh mikrobia tertentu. Fermentasi glukosa oleh yeast, misalnya *Saccharomyces cerevisiae* dapat menghasilkan etanol dan CO₂.

Keasaman sangatlah berpengaruh pada perkembangbiakan dari bakteri. Kondisi keasaman yang baik untuk pertumbuhan bakteri adalah 4 – 5. Selain keasaman, mikroba juga berpengaruh pada fermentasi biasanya dilakukan dengan menggunakan kultur murni yang berasal dari laboratorium. Kultur ini biasanya disimpan dalam keadaan kering atau dibekukan salah satunya seperti yeast.

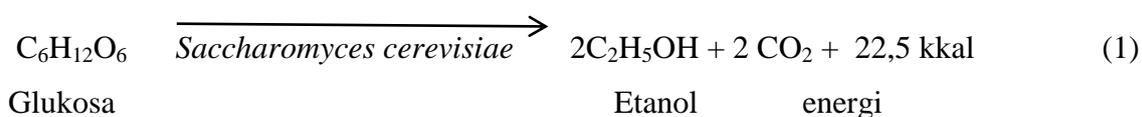
Faktor lain yang berpengaruh adalah suhu fermentasi, suhu fermentasi sangat menjadi penentu mikroba apa yang nanti hidup selama proses fermentasi, bakteri atau mikrobia memiliki suhu hidup terbaik berbeda-beda yang membuat mereka bisa hidup

dan berkembang biak, untuk yeast suhu optimal untuk hidup dan berkembang biak yaitu pada suhu 30°C.

Oksigen juga menjadi penentu pada proses fermentasi untuk jenis yeast *Saccharomyces cerevisiae* berkembang biak dengan kondisi anaerobik, oleh karena itu fermentor harus dijaga dalam kondisi anaerobik agar yeast ini berkembang dengan baik dan yeast yang diinginkan akan mati karena tidak adanya oksigen, sehingga pada penelitian ini dimodifikasi alat fermentornya dengan sistem bubler untuk menjaga udara tidak masuk ke sistem fermentasi tetapi gas hasil fermentasi tetap bisa dikeluarkan melalui bubler. Mikroorganisme hidup juga memerlukan makanan berupa nutrient yang digunakan oleh mikroorganisme untuk hidup dan berkembang biak, seperti energi didapat mikrobia dari substansi yang mengandung karbon, untuk melakukan sintesis protein mikroba memerlukan nitrogen yang biasanya berasal dari urea. Selain itu mikroba juga memerlukan mineral yang biasanya didapat dari NPK. Oleh karena itu keberadaan urea dan NPK sebagai nutrient pada proses fermentasi ini sangatlah berguna untuk hidup dan berkembang biakan mikroorganisme [13].

2.4. *Saccharomyces Cerevisiae*

Saccharomyces cerevisiae termasuk ke dalam kelas *ascomycetes* yang dicirikan dengan pembentukan askus yang merupakan tempat pembentukan *askospora*. *saccharomyces cerevisiae* memperbanyak diri secara aseksual yaitu dengan bertunas [10]. Adapun reaksi yang terjadi pada proses fermentasi pada *saccharomyces cerevisiae*, yaitu:



Saccharomyces cerevisiae sering digunakan dalam fermentasi etanol karena sangat tahan dan toleran terhadap kadar etanol yang tinggi (12-18% v/v), tahan pada kadar gula yang cukup tinggi dan tetap aktif melakukan fermentasi pada suhu 4-32°C. *Saccharomyces cerevisiae* mempunyai aktivitas optimum pada suhu 30 – 35°C dan tidak aktif pada suhu lebih dari 40°C. *Saccharomyces cerevisiae* dapat memfermentasi glukosa, sukrosa, galaktosa serta rafinosa [11]. Perkembangbiakkan *saccharomyces*

cerevisiae mempunyai kecepatan fermentasi optimum pada pH 4,48. Rendemen alkohol dari heksosa dalam fermentasi menggunakan khamir dari genus *saccharomyces* dapat mencapai 90 % [12].

Proses fermentasi oleh *saccharomyces* adalah proses pengubahan sebagian besar energi dari gula ke dalam bentuk etanol. Efisiensi pengubahan energi tersebut dapat mencapai 97%. Mekanisme pembentukan etanol oleh kamir melalui jalur *Embden Meyerhof Parnas Pathway* (EMP) atau glikolisis. Setelah melalui tahap glikolisis, piruvat yang terbentuk kemudian dirubah menjadi asetaldehid dan CO₂ oleh enzim *piruvat decarboksilase*, setelah itu oleh enzim alkohol *dehidrogenase* dirubah menjadi etanol.

2.5. Delignifikasi

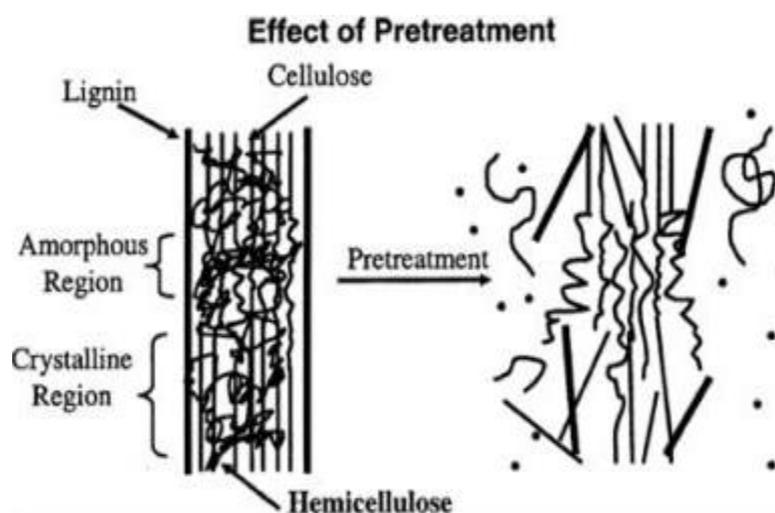
Delignifikasi adalah suatu proses pendahuluan penghilangan lignin pada material berlignoselulosa sehingga hasil dari proses ini sudah berupa selulosa dengan kemurnian yang cukup besar. Tujuan dari proses delignifikasi yaitu untuk menghilangkan lignin, dan juga dapat mengurangi kristalinitas selulosa, dan meningkatkan porositas bahan. Selain lignin terdapat juga zat non selulosa lain seperti zat ekstraktif, tanin dan resin yang melekat kuat pada selulosa. Lignin merupakan salah satu bagian yang mengayu dari tanaman seperti janggol, kulit keras, biji, bagian serabut kasar, akar, batang dan daun. Delignifikasi selulosa dapat dilakukan dengan beberapa cara, diantaranya yaitu [21] :

1. *Ozonolysis Pretreatment*, yaitu delignifikasi menggunakan ozon dilakukan pada suhu ruangan dan tekanan atmosfer serta dapat menghancurkan sekitar lignin yang terkandung dalam lignoselulosa.
2. Delignifikasi menggunakan Hidrogen Peroksida dalam media asam asetat.
3. Delignifikasi Oksigen, yaitu proses untuk mengurangi kandungan lignin dari pulp coklat (yang belum mengalami proses pemutihan). Bahan kimia yang dipakai adalah dan alkali.
4. Delignifikasi dengan larutan NaOH.
5. Delignifikasi menggunakan cairan ionik, yaitu delignifikasi menggunakan garam yang berwujud cair di bawah suhu 100 °C.

Menurut Sugesty S & Tjahjono T (1997) mengatakan bahwa proses soda merupakan proses delignifikasi dengan pelarut NaOH. Proses ini sangat cocok digunakan untuk bahan baku non-kayu. Pada proses ini lebih menguntungkan dari segi teknik dan ekonomis dibandingkan dengan menggunakan proses lain, karena NaOH lebih efektif untuk mengikat lignin dan tidak membuat limbah yang begitu berbahaya di lingkungan sekitar [22].

Dalam proses pembuatan bioetanol, delignifikasi merupakan tahap awal yang bertujuan untuk mengurangi kadar lignin di dalam bahan berlignoselulosa. Delignifikasi akan membuka struktur lignoselulosa agar selulosa menjadi lebih mudah diakses. Proses delignifikasi akan melarutkan kandungan lignin di dalam bahan sehingga mempermudah proses pemisahan lignin dengan serat selulosa [39].

Proses delignifikasi merupakan proses penghilangan lignin dari bahan, sehingga hasil dari proses ini sudah berupa selulosa dengan kemurnian yang cukup tinggi. Adanya senyawa pengikat lignin inilah yang menyebabkan bahan-bahan lignoselulosa sulit untuk dihidrolisa [40]. Rusaknya struktur kristal selulosa akan mempermudah terurainya selulosa menjadi glukosa dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Proses delignifikasi secara kimia

Meskipun sama-sama dapat menurunkan kadar lignin, perlakuan delignifikasi fisis dan biologis kurang efektif digunakan bila dibandingkan dengan perlakuan kimia. Delignifikasi bertujuan untuk mengubah atau merusak struktur dari komponen penyusun pada biomassa sehingga memudahkan enzim untuk menghidrolisis menjadi

monomer-monomer gula. Metode delignifikasi mengacu pada proses pelarutan dan pemisahan satu atau lebih komponen-komponen dari bahan (biomassa) sehingga pada ikatan komponen bahan tersebut menjadi longgar dan memudahkan bahan kimia ataupun biologi masuk kemudian menguraikannya [14].

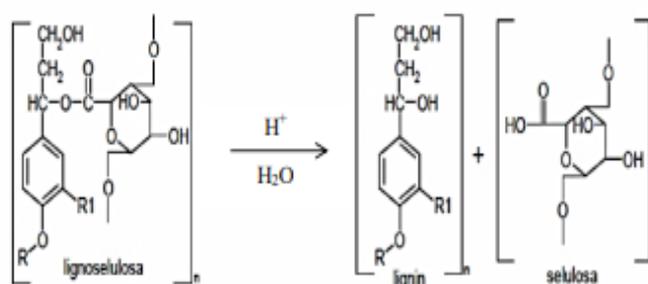
Proses delignifikasi terdiri dari proses mekanis yaitu prosesnya sangat sederhana dan tidak menggunakan bahan kimia, proses semi kimia yaitu proses ini merupakan gabungan dari proses kimia dan mekanik, dan proses kimia yaitu proses yang menggunakan bahan kimia. Untuk memisahkan serat dipakai proses kimia, sedangkan serat yang tidak hancur dikenai proses mekanik, dan secara kimia (alkali, sulfat/kraft, sulfit) serta proses konvensional yang lebih berwawasan lingkungan. Pada kenyataannya, proses delignifikasi secara konvensional tersebut memiliki beberapa kelemahan, yaitu biaya produksi tinggi, laju delignifikasi rendah dan pencemaran lingkungan karena adanya limbah larutan pemasak [31]. Berikut ini adalah macam-macam jenis delignifikasi

1. Delignifikasi Fisika

Ada beberapa faktor yang mempengaruhi delignifikasi secara fisika, salah satunya ukuran sampel, dapat mempengaruhi porositas yang kemudian mempengaruhi kontak terhadap delignifikator. Pengcilan ukuran sampel akan memutuskan rantai polimer yang panjang menjadi rantai polimer yang lebih pendek sehingga memudahkan pemisahan lignin dari ikatan selulosa. Semakin kecil ukuran sampel maka akan semakin mudah dalam mendegradasi lignin.

2. Delignifikasi Kimia

Proses ini menggunakan bahan kimia pada suhu, tekanan, konsentrasi dan waktu tertentu. Bahan kimia yang digunakan tergantung macam proses dan macam bahan bakunya. Salah satu delignifikasi dengan menggunakan asam yaitu asam sulfat (H_2SO_4) dimana asam sulfat sebagai katalisator asam yang dapat merusak rantai polimer dari selulosa dan lignin. Berikut adalah reaksi pemutusan ikatan lignoselulosa dengan asam sulfat dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Reaksi pemutusan ikatan lignoselulosa menggunakan katalis asam

Reaksi pada di atas berpengaruh terhadap ikatan antara lignin dengan karbohidrat (selulosa dan hemiselulosa) dan dapat melepaskan selulosa dengan proses hidrolisis ikatan ester antara lignin dengan selulosa.

Katalis asam dapat menghidrolisis ester menjadi asam karboksilat dan alkohol dimana oksigen karbonil dari suatu ester dapat diprotonkan, sehingga karbon bermuatan positif dan dapat diserang oleh nukleofil lemah seperti air yang kemudian menghasilkan alkohol dan asam karboksilat.

Proses ini bertujuan memecah ikatan lignin, menghilangkan kandungan lignin dan hemiselulosa, merusak struktur kristal dari selulosa serta meningkatkan porositas bahan. Rusaknya struktur kristal selulosa akan mempermudah terurainya selulosa menjadi glukosa. Selain itu, hemiselulosa turut terurai menjadi senyawa gula sederhana: glukosa, galaktosa, manosa, heksosa, pentosa, xilosa dan arabinosa. Selanjutnya senyawa-senyawa gula sederhana tersebut yang akan difermentasi oleh mikroorganisme menghasilkan etanol.

Konsentrasi asam yang tinggi dan waktu yang lama menyebabkan selulosa dan hemiselulosa lebih mudah terdegradasi menjadi glukosa dan senyawa gula lainnya, sehingga kontak antara selulosa dengan asam juga semakin besar dan reaksi hidrolisis berjalan lebih sempurna. Namun, seiring dengan tingginya konsentrasi dan waktu reaksi, inhibitor yang dihasilkan juga semakin besar.

3. Delignifikasi Biologi

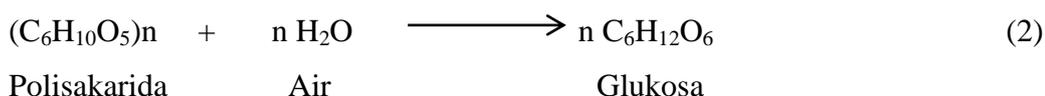
Delignifikasi secara biologi atau prosesnya sering disebut biodelignifikasi merupakan proses degradasi lignin dengan menggunakan mikroorganisme sebagai agen pelapuk. Dalam biodelignifikasi, bahan-bahan kimia tadi akan digantikan oleh sejenis mikroba yang mampu mengeluarkan enzim untuk memutihkan (mangan peroksida, lakase, lignin peroksida) dan juga mampu mendegradasi lignin. Mikroba tersebut adalah

golongan jamur pelapuk kayu yang dapat dijumpai di alam. Hasil kerja dari mikroorganisme tersebut tidak menimbulkan pencemaran lingkungan dan sangat aman sehingga bisa dilakukan dalam waktu yang panjang [32].

2.6. Hidrolisis Asam

Konversi polisakarida menjadi monomer-monomer dapat dilakukan dengan proses hidrolisis baik secara enzimatik maupun secara kimiawi. Hidrolisis secara kimiawi biasanya menggunakan asam. Asam yang sering dipergunakan adalah asam sulfat, asam klorida dan asam fosfat. Hidrolisis asam pada dasarnya ada 2 jenis, yaitu hidrolisis pada suhu rendah dengan konsentrasi asam tinggi (*concentrated-acid hydrolysis*) dan hidrolisis pada suhu tinggi dengan konsentrasi asam rendah (*dilute-acidhydrolysis*).

Hidrolisis adalah suatu proses antara reaktan dengan air agar suatu senyawa pecah terurai. Reaksi Hidrolisis:



Reaksi antara air dan pati berlangsung sangat lambat sehingga diperlukan bantuan katalisator untuk memperbesar kereaktifan air. Katalisator bisa berupa asam maupun enzim. Katalisator asam yang biasa digunakan adalah asam klorida, asam nitrat dan asam sulfat. Dalam industri umumnya digunakan enzim sebagai katalisator. Salah satu proses hidrolisis yaitu hidrolisis asam, dimana katalisatornya menggunakan asam. Asam berfungsi sebagai katalisator dengan mengaktifkan air. Di dalam industri asam yang dipakai adalah H_2SO_4 dan HCl . HCl lebih menguntungkan karena lebih reaktif dibandingkan HCl . Faktor-faktor yang mempengaruhi proses hidrolisis menurut [9]

- a. Kandungan selulosa di bahan baku Kandungan selulosa sangat berpengaruh pada hasil glukosa yang dihasilkan. Semakin tinggi kandungan selulosa semakin tinggi glukosa yang dihasilkan, jika semakin rendah kandungan selulosa maka glukosa yang dihasilkan dari proses hidrolisa semakin rendah.
- b. pH hidrolisis Apabila konsentrasi asam tinggi, maka kondisi pH juga semakin tinggi. pH sangat tergantung pada konsentrasi asam yang digunakan. Biasanya pH optimum yang digunakan berkisar antara 3-4,5 .

- c. Waktu hidrolisis Semakin lama waktu hidrolisis semakin besar pula konsentrasi glukosa yang dihasilkan, karena berpengaruh pada lama waktu pemanasan yang terjadi. Biasanya waktu yang digunakan untuk proses hidrolisa adalah sekitar 1-3 jam.
- d. Suhu Semakin besar suhu maka semakin besar pula konstanta kecepatan reaksi. Hal ini mengikuti hukum Arrhenius, yaitu semakin tinggi suhu yang digunakan semakin besar pula konversi gula yang dihasilkan, jika suhu terlalu tinggi akan menyebabkan turunnya konversi karena glukosa akan mengalami degradasi
- e. Tekanan Tekanan sangat berpengaruh terhadap proses hidrolisis. Tekanan yang digunakan pada tahapan hidrolisa adalah 1 atm
- f. Konsentrasi Semakin tinggi konsentrasi asam maka semakin tinggi juga kadar glukosa yang dihasilkan sampai dengan konsentrasi optimum.

2.7. Adsorpsi

Adsorpsi merupakan suatu peristiwa terkontakannya partikel padatan dan cairan pada kondisi tertentu sehingga sebagian cairan terjerap di permukaan padatan dan konsentrasi cairan yang tidak terjerap mengalami perubahan. Faktor utama yang mempengaruhi adsorpsi adalah jenis adsorben. Syarat suatu bahan dapat digunakan sebagai adsorben adalah bahan berpori. Zeolit merupakan adsorben yang berpori. Selain itu, molekul air memiliki ukuran partikel sebesar $2,8 \text{ \AA}$, partikel etanol berukuran $4,4 \text{ \AA}$, sedangkan ukuran pori zeolit adalah 3 \AA , sehingga yang akan terjerap oleh adsorben zeolit adalah molekul air, karena air memiliki ukuran partikel yang lebih kecil dibandingkan ukuran pori zeolit. Etanol akan sulit terjerap oleh adsorben zeolit, karena memiliki ukuran partikel yang lebih besar dibandingkan ukuran pori zeolit.

Selain faktor pemilihan jenis adsorben, faktor lain yang berpengaruh dalam proses adsorpsi antara zeolit dan air adalah waktu kontak (waktu perendaman zeolit dengan bioetanol). Waktu kontak yang lebih lama memungkinkan proses difusi dan penyerapan molekul adsorbat berlangsung lebih baik. Hal ini berlangsung hingga tercapai keadaan jenuh (kesetimbangan). Berdasarkan pemaparan diatas, zeolit memiliki kemampuan untuk meningkatkan kadar bioetanol dengan cara menjerap air yang masih tercampur pada bioetanol [26].

Ada beberapa faktor yang mempengaruhi daya adsorpsi [33] yaitu:

1. Sifat Adsorben

Arang aktif yang merupakan adsorben suatu padatan berpori, yang sebagian besar terdiri dari unsur karbon bebas dan masing-masing berikatan secara kovalen. Dengan demikian, permukaan arang aktif bersifat non polar. Selain komposisi dan polaritas, struktur pori juga merupakan faktor yang penting diperhatikan. Struktur pori berhubungan dengan luas permukaan. Semakin kecil pori-pori arang aktif, mengakibatkan luas permukaan semakin besar. Dengan demikian kecepatan adsorpsi bertambah.

2. Sifat Serapan

Banyak senyawa yang dapat diadsorpsi oleh arang aktif, tetapi kemampuannya untuk mengadsorpsi berbeda untuk masing-masing senyawa. Adsorpsi akan bertambah besar sesuai dengan bertambahnya ukuran molekul serapan dari struktur yang sama, seperti dalam deret homolog. Adsorpsi juga dipengaruhi oleh gugus fungsi, posisi gugus fungsi, ikatan rangkap, struktur rantai dari senyawa serapan.

3. Temperatur

Dalam penggunaan arang aktif dianjurkan untuk menyelidiki temperatur pada saat berlangsungnya proses. Karena tidak ada peraturan umum yang bisa diberikan mengenai temperatur yang digunakan dalam adsorpsi. Faktor yang mempengaruhi temperatur proses adsorpsi adalah viskositas dan stabilitas termal senyawa serapan. Jika pemanasan tidak mempengaruhi sifat-sifat senyawa serapan, seperti terjadi perubahan warna maupun dekomposisi, maka perlakuan dilakukan pada titik didihnya. Untuk senyawa volatil, adsorpsi dilakukan pada temperatur kamar atau bila memungkinkan pada temperatur yang lebih kecil.

4. Derajat Keasaman (pH)

Untuk asam-asam organik adsorpsi akan meningkat bila pH diturunkan yaitu dengan penambahan asam-asam mineral. Hal ini disebabkan oleh kemampuan asam mineral untuk mengurangi ionisasi asam organik tersebut. Sebaliknya bila pH asam organik dinaikkan yaitu dengan menambahkan alkali, adsorpsi akan berkurang sebagai akibat terbentuknya garam.

5. Waktu Kontak

Bila arang aktif ditambahkan dalam suatu cairan, dibutuhkan waktu untuk mencapai kesetimbangan. Waktu yang dibutuhkan berbanding terbalik dengan jumlah arang yang digunakan. Selain ditentukan oleh dosis arang aktif, pengadukan juga mempengaruhi waktu singgung. Pengadukan dimaksudkan untuk memberi kesempatan pada partikel arang aktif untuk bersinggungan dengan senyawa serapan. Untuk larutan yang mempunyai viskositas tinggi, dibutuhkan waktu singgung yang lebih lama.

Adsorpsi terjadi karena molekul-molekul pada permukaan zat padat atau cair memiliki gaya tarik dalam keadaan tidak setimbang yang cenderung tertarik ke arah dalam. Kesetimbangan gaya tarik tersebut mengakibatkan zat padat dan cair yang digunakan sebagai adsorben cenderung menarik zat lain yang bersentuhan dengan permukaannya. Mekanisme yang terjadi pada proses adsorpsi [34] yaitu:

1. Molekul-molekul adsorben berpindah dari fase bagian terbesar larutan ke permukaan interface yaitu lapisan film yang melapisi permukaan adsorben atau eksternal.
2. Molekul adsorben dipindahkan dari permukaan ke permukaan luar dari adsorben (*exterior surface*).
3. Molekul-molekul adsorbat dipindahkan dari permukaan luar adsorben menyebar menuju pori-pori adsorben. Fase ini disebut dengan difusi pori.
4. Molekul adsorbat menempel pada permukaan pori-pori adsorben.

Pada proses adsorpsi digunakan adsorben, penggunaan adsorben dalam proses adsorpsi memiliki beberapa keuntungan diantaranya adalah memiliki pori yang luas, hidrofobik, stabil dalam temperatur tinggi, tidak memiliki aktivitas katalitik dan mudah diregenerasi. Berikut ini adsorben dapat dikategorikan kedalam tiga kelas [36].

1. Senyawa yang mengandung oksigen biasanya hidrofilik dan polar, seperti silika gel dan zeolit.
2. Senyawa berbasis karbon biasanya nonpolar (*hidrofobik*), seperti karbon aktif dan grafit.
3. Senyawa berbasis polimer merupakan senyawa yang memiliki gugus fungsi polar/nonpolar dalam matriks polimer berpori.

Berdasarkan dari kekuatan dalam berinteraksi, adsorpsi dapat dikelompokkan menjadi dua jenis yaitu adsorpsi fisika dan kimia [37].

1. Adsorpsi fisika Terjadi karena pengaruh gaya Van der Waals yaitu gaya tarik menarik antar molekul yang lemah. Hal ini yang menyebabkan adsorbat dapat bergerak bebas di permukaan adsorben. Gaya antar molekul sendiri merupakan gaya tarik antar molekul fluida dengan permukaan padat, sedangkan gaya intermolekular adalah gaya tarik antar molekulmolekul fluida itu sendiri.
2. Adsorpsi kimia Terjadi karena adanya reaksi kimia akibat pertukaran atau pemakaian bersama elektron antara molekul adsorbat dengan permukaan adsorben. Ikatan yang terbentuk antara adsorbat dengan adsorben adalah ikatan kimia dan ikatan itu lebih kuat daripada adsorpsi fisika (Van der Waals).

Pada proses adsorpsi yang berada di sistem batch, berikut ini merupakan beberapa faktor yang mempengaruhi proses adsorpsi dalam sistem batch [38] :

1. Proses pengadukan

Ketika proses pengadukan cenderung lambat maka adsorban sukar menebus lapisan layar antara permukaan adsorben dengan film difusi yang merupakan faktor pembatas yang memperkecil kecepatan penyerapan. Apabila pengadukan sesuai maka meningkatkan film difusi sampai titik pori difusi yang merupakan faktor pembatas dalam sistem batch dilakukan pengadukan yang tinggi.

1. Karakteristik Adsorban

Sifat permukaan mempengaruhi dalam proses adsorpsi yaitu energy permukaan dan gaya tarik permukaan. Oleh sebab itu sifat fisik dari adsorben yang digunakan berperan penting dalam proses adsorpsi seperti ukuran partikel dan luas permukaan.

2. Kelarutan Adsorban

Molekul-molekul yang ada dalam larutan harus dapat berpisah dari cairannya. Selain itu, dapat berikatan dengan permukaan adsorben saat proses adsorpsi berlangsung. Sifat unsur yang terlarut mempunyai gaya tarik-menarik terhadap cairannya yang lebih kuat bila dibandingkan dengan unsur yang sukar larut. Dengan demikian unsur yang terlarut akan lebih sulit terserap pada adsorben bila dibandingkan dengan unsur yang tidak larut.

2.8. Gasoline

Gasoline merupakan suatu campuran yang kompleks yang tersusun atas hidrokarbon rantai lurus 7 sampai 11 atom C dengan rumus kimia C_nH_{2n+2} . Biogasoline merupakan jenis gasoline yang berasal dari selulosa Tandan Kosong Kelapa Sawit [15].

Gasoline / Bensin, Tersusun dari hidrokarbon rantai lurus $C_5 - C_{11}$ pada temperatur $30^\circ\text{C} - 180^\circ\text{C}$. Berikut merupakan beberapa jenis bensin berdasarkan perbedaan bilangan oktan :

a. Bahan Bakar Bensin Jenis 88 (Premium)

Bahan bakar premium adalah bahan bakar minyak jenis distilat berwarna kekuningan jernih yang didalamnya terdapat kandungan oktan 88 dan menggunakan pewarna dye serta menghasilkan NO_x dan CO_x dalam jumlah banyak. Spesifikasi bahan bakar premium dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Spesifikasi Bahan Bakar Bensin RON 88 (Premium)

Karakteristik	Satuan	Batasan		Metode Uji (ASTM)
		Min	Max	
Angka Oktana Riset	RON	88	-	D 269
Stabilitas Oksidasi	Menit	360	-	D 525
Kandungan Sulfur	% m/m	-	0,05	D 2622/D 4294/D 7039
Kandungan Timbal (Pb)	gr/l	-	0,013	D 3237
Kandungan Oksigen	%m/m	-	2,7	D 4815/D 6839/D 5599
Distilasi				D 86
10% Vol. Penguapan	$^\circ\text{C}$	-	74	
50% Vol. Penguapan	$^\circ\text{C}$	75	125	
90% Vol. Penguapan	$^\circ\text{C}$	-	180	
Titik Didih Akhir	$^\circ\text{C}$	-	215	
Unwashed Gum	mg/100 ml	-	70	D 381
Washed Gum	Mg/100 ml	-	5	D 381
Tekanan Uap	KPa	45	69	D 5191/D 323
Berat Jenis (pada suhu 15°C)	Kg/m^3	715	770	D 4052/D 1298
Sufur Merkaptan	% massa	-	0,002	D 3227
Penampilan Visual		Jernih dan terang		
Warna		Kuning		

Sumber : [Keputusan Direktorat Jendral Minyak dan Gas Bumi No: 933.K/10/DJM.S/2013]

b. Bahan Bakar Bensin Jenis 90 (Pertalite)

Pertalite diluncurkan pada tanggal 24 Juli 2015, merupakan bahan bakar gasoline yang memiliki angka oktan 90 serta berwarna hijau terang dan jernih.

Bahan bakar Pertalite memiliki kualitas yang lebih baik daripada bahan bakar Premium karena angka oktan pertalite yang lebih tinggi sehingga mampu menstabilkan knocking mesin kendaraan menjadi lebih optimal. Spesifikasi bahan bakar pertalite dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Spesifikasi Bahan Bakar Bensin Jenis 90 (Pertalite)

Karakteristik	Satuan	Batasan	
		Min	Max
Angka Oktana Riset	RON	90	-
Stabilitas Oksidasi	menit	360	-
Kandungan Sulfur	% m/m	-	0,05
Kandungan Timbal (Pb)	gr/l	-	0,013
Kandungan Logam (Mangan (Mn), besi (Fe))	mg/l	Tidak terdeteksi	
Kandungan Oksigen	%m/m	-	2,7
Distilasi			
10% Vol. Penguapan	°C	-	74
50% Vol. Penguapan	°C	88	125
90% Vol. Penguapan	°C	-	180
Titik Didih Akhir	°C	-	215
Residu	% vol	-	2
Sedimen	mg/l	-	1
Unwashed Gum	mg/100 ml	-	70
Washed Gum	Mg/100 ml	-	5
Tekanan Uap	kPa	45	60
Berat Jenis (Suhu 15°C)	Kg/m ³	715	770
Korosi bilah tembaga	menit	Kelas 1	-
Sufur Merkaptan	% massa	-	0,002
Penampilan Visual		Jernih dan terang	
Bau		Dapat dipasarkan	
Warna		Hijau	
Kandungan Pewarna	gr/100 l	-	0,13

Sumber : [Keputusan Direktora Jendral Minyak dan Gas Bumi No: 0486.K/10/DJM.S/2017]

c. Bahan Bakar Bensin Jenis 92 (Pertamax)

Pertamax merupakan jenis bahan bakar dengan angka oktan 92. Bahan bakar pertamax dianjurkan digunakan untuk kendaraan bahan bakar bensin yang mempunyai perbandingan kompresi tinggi (9,1:1 sampai 10:1). Pada bahan bakar pertamax ditambahkan aditif sehingga mampu membersihkan mesin dari timbunan deposit pada fuel injector dan ruang pembakaran. Bahan bakar pertamax sudah tidak menggunakan campuran timbal sehingga dapat mengurangi racun gas buang kendaraan bermotor

seperti nitrogen oksida dan karbon monooksida. Spesifikasi pertamax turbo dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Spesifikasi Bahan Bakar Bensin Jenis 92 (Pertamax)

Karakteristik	Satuan	Batasan	
		Min	Max
Angka Oktana Riset	RON	92	-
Stabilitas Oksidasi	menit	480	-
Kandungan Sulfur	% m/m	-	0,05
Kandungan Timbal (Pb)	gr/l	-	0,013
Kandungan Logam (Mangan (Mn), besi (Fe))	mg/l	Tidak terdeteksi	
Kandungan Oksigen	%m/m	-	2,7
Distilasi			
10% Vol. Penguapan	°C	-	70
50% Vol. Penguapan	°C	88	110
90% Vol. Penguapan	°C	-	180
Titik Didih Akhir	°C	-	215
Residu	% vol	-	2.0
Sedimen	mg/l	-	1
Unwashed Gum	mg/100 ml	-	70
Washed Gum	Mg/100 ml	-	5
Tekanan Uap	kPa	45	60
Berat Jenis (Suhu 15°C)	Kg/m ³	715	770
Korosi bilah tembaga	menit	Kelas 1	-
Sufur Merkaptan	% massa	-	0,002
Penampilan Visual		Jernih dan terang	
Bau		Dapat dipasarkan	
Warna		Biru	
Kandungan Pewarna	gr/100 l	-	0,13

Sumber : [Keputusan Direktora Jendral Minyak dan Gas Bumi No: 3674.K/24/DJM.S/2006]

d. Bahan Bakar Bensin Jenis 98 (Pertamax Turbo)

Pertamax Turbo merupakan bahan bakar bensin yang memiliki angka oktan 98 dan berwarna merah. Pertamax Turbo didesain untuk mesin berteknologi tinggi dengan minimum kompresi rasio 12:1 atau mesin kendaraan dengan *supercharger technology* dan *turbocharger technology*. Pertamax Turbo diformulasikan dengan *Ignition Boost Formula* yang membuat mesin lebih responsif pada pembakaran mesin dan membuat performa kendaraan menjadisempurna. Spesifikasi pertamax turbo dapat dilihat pada Tabel 9.

Tabel 9. Bahan Bakar Bensin Jenis 98 (Pertamax Turbo)

Karakteristik	Satuan	Batasan	
		Min	Max
Angka Oktana Riset	RON	98	-
Stabilitas Oksidasi	menit	480	-
Kandungan Sulfur	% m/m	-	0,05
Kandungan Timbal (Pb)	gr/l	-	0,013
Kandungan Oksigen	%m/m	-	2,7
Kandungan Aromatik	% v/v	-	40
Kandungan Benzene	% v/v	-	5
Distilasi			
10% Vol. Penguapan	°C	-	70
50% Vol. Penguapan	°C	77	110
90% Vol. Penguapan	°C	130	180
Titik Didih Akhir	°C	-	205
Residu	% vol	-	2
Sedimen	mg/l	-	1
Unwashed Gum	mg/100 ml	-	70
Washed Gum	Mg/100 ml	-	5
Tekanan Uap	kPa	45	60
Berat Jenis (Suhu 15°C)	Kg/m ³	715	770
Korosi bilah tembaga	menit		Kelas 1
Uji Doctor			Negatif
Sufur Merkaptan	% massa	-	0,002
Penampilan Visual			Jernih dan terang

Sumber : [Keputusan Direktora Jendral Minyak dan Gas Bumi No: 0177.K/10/DJM.T/2018]

Bahan bakar bensin memiliki jenis yang berbeda dan tentunya memiliki mutu atau perilaku (*performance*) yang berbeda. Mutu bensin dipergunakan dengan istilah bilangan oktan (*Octane Number*).

Nama oktan berasal dari oktana (C₈), karena dari seluruh molekul penyusun bensin, oktana yang memiliki sifat kompresipaling bagus. Bilangan Oktan adalah angka yang menunjukkan seberapa besar tekanan yang bisa diberikan sebelum bensin terbakar secara spontan. Di dalam mesin, campuran udara dan bensin (dalam bentuk gas) ditekan oleh piston sampai dengan volume yang sangat kecil dan kemudian dibakar oleh percikan api yang dihasilkan busi. Karena besarnya tekanan ini, campuran udara dan bensin juga bisa terbakar secara spontan sebelum percikan api dari busi keluar.

Jika campuran gas ini terbakar karena tekanan yang tinggi (dan bukan karena percikan api dari busi), maka akan terjadi *knocking* atau ketukan di dalam mesin.

Knocking ini akan menyebabkan mesin cepat rusak, sehingga sebisa mungkin harus dihindari.

1. Nafta, hasil produk yang harus diolah Kembali karena sifatnya yang tidak dapat langsung digunakan dan proses pendapatan nafta ini berada pada suhu 110°C – 195°C .
2. Kerosene, salah satu komponen minyak mentah yang memiliki nilai karbon C11-C16 yang didapat pada suhu 170°C – 290°C bahan bakar ini sering dikenal sebagai aviation turbin (avtur).
3. Minyak Diesel / solar, memiliki rantai karbon C15-C16 yang didapat pada suhu 260°C – 350°C yang biasa dimanfaatkan sebagai bahan bakar kendaraan. Pelumas, zat kimia berbentuk cair yang dimanfaatkan untuk mengurangi gaya gesek dan sebagai lapisan pelindung yang memisahkan dua permukaan yang berhubungan yang tersusun dari rantai karbon C15-C24.
4. Long Residu, bahan hidrokarbon yang bersifat melekat dan berwarna hitam pekat, yang sering dikenal sebagai Asphalt yang digunakan sebagai pelapis jalan raya, produk ini tersusun dari rantai karbon C25-C50.