

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan salah satu negara yang memiliki keanekaragaman hayati tinggi dengan berbagai tanaman penghasil pati yang melimpah. Beberapa tanaman penghasil pati yang banyak dijumpai antara lain umbi-umbian, sereal, dan kacang-kacangan (Hami *et al.*, 2022). Ketersediaan bahan baku yang melimpah tersebut menjadikan pati sebagai biomaterial terbarukan yang memiliki nilai ekonomi tinggi serta berpotensi besar untuk dikembangkan sebagai bahan baku berbagai produk industri.

Dalam industri pangan, pati merupakan salah satu biopolimer yang banyak dimanfaatkan karena memiliki berbagai sifat fungsional, seperti kemampuan membentuk *gel*, meningkatkan viskositas, mempertahankan kelembaban (*water holding capacity*), serta menstabilkan tekstur produk pangan. Sifat-sifat tersebut menjadikan pati banyak diaplikasikan pada berbagai produk pangan, seperti roti, saus, sup, produk susu, makanan bayi, dan berbagai produk olahan lainnya untuk memperbaiki tekstur, kekentalan, stabilitas, dan mutu sensori produk. Meskipun demikian, penggunaan pati alami (*native starch*) masih memiliki keterbatasan, seperti kurang stabil terhadap perlakuan panas, geseran (*shear*), dan kondisi asam selama proses pengolahan. Oleh karena itu, berbagai metode modifikasi pati terus dikembangkan untuk menghasilkan pati dengan sifat fungsional yang lebih baik sehingga mampu memenuhi kebutuhan industri pangan modern (Compart *et al.*, 2023).

Selain pada industri pangan, pati termodifikasi juga memiliki berbagai aplikasi pada sektor industri nonpangan. Dalam industri farmasi, pati dimanfaatkan sebagai sistem penghantaran obat (*drug delivery*), pengontrol pelepasan obat (*controlled drug release*), serta bahan baku pembuatan nanopartikel. Pada sektor energi, pati digunakan sebagai bahan baku produksi bioetanol melalui pembentukan gula terfermentasi (*fermentable sugars*). Selain itu, pati juga diaplikasikan pada industri kertas dan kemasan untuk pembuatan

bioplastik serta perekat, industri tekstil sebagai bahan *sizing* serat, industri deterjen sebagai aditif untuk meningkatkan kemampuan pembersihan noda berbasis pati, serta pada pengolahan limbah untuk mendukung proses daur ulang limbah industri yang mengandung pati. Beragam aplikasi tersebut menunjukkan bahwa pati termodifikasi memiliki potensi besar sebagai biomaterial ramah lingkungan pada berbagai sektor industri (Compart *et al.*, 2023).

1.2 Rumusan Masalah

Pati memiliki manfaat yang besar dalam kehidupan manusia. Akan tetapi, pati harus diberi perlakuan tepat sebelum diolah atau digunakan karena kandungannya yang cukup kompleks. Untuk itu, penting bagi seorang mahasiswa Teknik Kimia memahami cara memodifikasi kandungan pati sehingga dapat digunakan secara maksimal untuk kehidupan manusia. Dalam percobaan ini, akan dipelajari tentang berbagai pengaruh suhu hidrolisis terhadap reaksi hidrolisa pati dan konstanta kecepatan reaksi.

1.3 Tujuan Praktikum

1. Mempelajari pengaruh variabel terhadap reaksi hidrolisa pati.
2. Menghitung konstanta kecepatan reaksi dan menganalisis pengaruh variabel terhadap konstanta kecepatan reaksi.
3. Membandingkan hasil perhitungan konstanta kecepatan reaksi dengan hasil literatur.

1.4 Manfaat Praktikum

1. Mahasiswa dapat mengetahui pengaruh variabel terhadap reaksi hidrolisa pati.
2. Mahasiswa dapat menghitung konstanta kecepatan reaksi dan menganalisis pengaruh variabel terhadap konstanta kecepatan reaksi.
3. Mahasiswa dapat membandingkan hasil perhitungan konstanta kecepatan reaksi dengan hasil literatur.

Process

Laboratory

BAB II

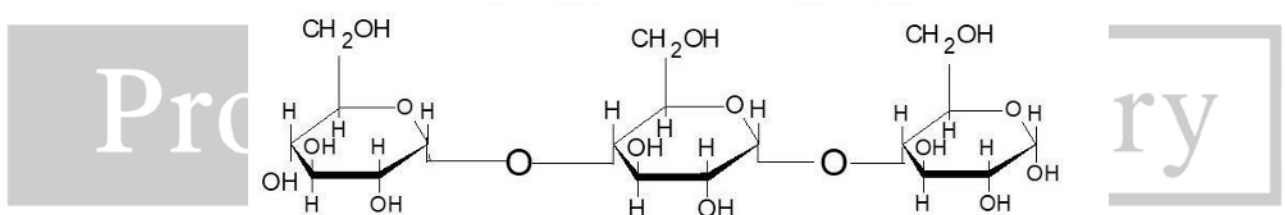
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pati

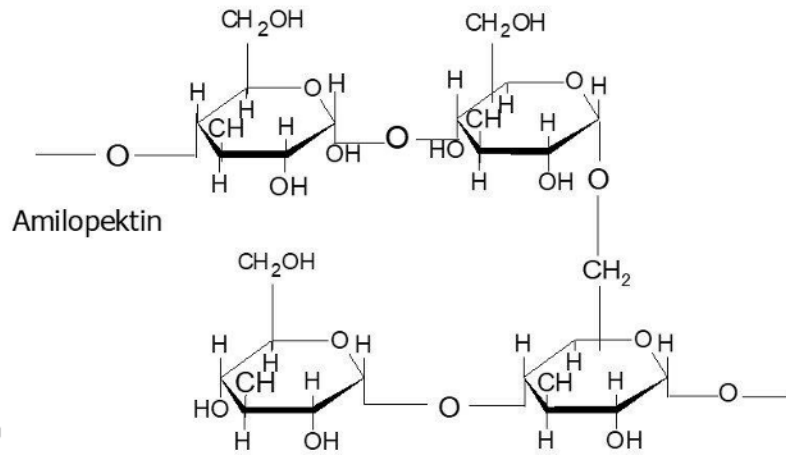
Pati merupakan homopolimer glukosa yang tersusun atas unit-unit α -D-glukosa yang mengalami dehidrasi dan terhubung melalui ikatan glikosidik. Setiap unit glukosa terdehidrasi memiliki tiga gugus hidroksil pada posisi 2, 3, dan 6. Di antara ketiganya, gugus hidroksil primer pada karbon ke-6 memiliki reaktivitas tertinggi, diikuti oleh hidroksil sekunder pada karbon ke-2 dan ke-3. Pati terdiri dari dua fraksi utama: amilosa dan amilopektin. Derajat polimerisasi pati alami berikisar antara 160 hingga 6.000, dengan berat molekul relatif sekitar 25.000 hingga 1.000.000. Pati alami tidak larut dalam air dan memiliki kemampuan interaksi antarmakromolekul yang rendah. Selain itu, pati alami memiliki keterbatasan dalam hal kemudahan pengolahan, stabilitas dimensi, dan sifat mekanik dari produk akhirnya sehingga pada aplikasi industri diperlukan proses modifikasi untuk memperbaiki karakteristik pengolahannya (Ozkan *et al.*, 2019).

2.2 Amilosa dan Amilopektin

Pati termasuk dalam polisakarida yang merupakan polimer glukosa, yang terdiri atas amilosa dan amilopektin. Amilosa merupakan sebuah molekul rantai panjang linier dengan ikatan glikosidik α -(1,4), berkontribusi terhadap matriks amorf. Amilopektin merupakan molekul bercabang dan berbentuk heliks ganda dengan percabangan α -(1,6) yang menjadikan struktur pati bersifat semi-kristalin. Amilopektin menyusun sekitar 70-85% dari total pati, dan memiliki ukuran molekul yang jauh lebih besar (10^7 - 10^9 Da), dibandingkan dengan amilosa (10^5 - 10^6 Da) (Compart *et al.*, 2023).



Gambar 2.1 Struktur amilosa



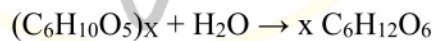
Gambar 2.2 Struktur amilopektin

2.3 Hidrolisis Pati

2.3.1 Kinetika Reaksi Hidrolisis Pati

Hidrolisis merupakan reaksi pengikatan gugus hidroksil (-OH) oleh suatu senyawa. Gugus OH dapat diperoleh dari senyawa air. Hidrolisis dapat digolongkan menjadi hidrolisis murni, hidrolisis katalis asam, hidrolisis katalis basa, hidrolisis gabungan alkali dengan air, dan hidrolisis dengan katalis enzim. Sedangkan berdasarkan fase reaksi yang terjadi, diklasifikasikan menjadi hidrolisis fase cair dan hidrolisis fase uap.

Hidrolisis pati merupakan proses pemecahan molekul amilum menjadi bagian-bagian penyusun amilum yang lebih sederhana seperti dekstrin, isomaltosa, maltosa, dan glukosa. Hidrolisis pati terjadi antara suatu reaktan pati dan reaktan air. Reaksi ini adalah orde satu semu karena reaktan air yang dibuat berlebih, sehingga perubahan reaktan dapat diabaikan. Reaksi yang terjadi pada hidrolisis pati adalah sebagai berikut:



Berdasarkan teori kecepatan reaksi:

$$-r_A = k \cdot C_{\text{pati}} \cdot C_{\text{air}} \quad (2.1)$$

Karena volume air cukup besar, maka dapat dianggap konsentrasi air selama perubahan reaksi sama dengan k' , dengan besarnya k' :

$$k' = k \cdot C_{\text{air}} \quad (2.2)$$

Sehingga persamaan 2.1 dapat ditulis sebagai berikut $-r_A = k \cdot C_{\text{pati}}$.

Dari persamaan kecepatan reaksi ini, reaksi hidrolisis merupakan reaksi

orde satu. Jika harga $-r_A = -\frac{dC_A}{dt}$ maka persamaan 2.2 menjadi:

$$\frac{-dC_A}{dt} = k' C_A \quad (2.3)$$

$$\frac{-dC_A}{C_A} = k' dt \quad (2.4)$$

Apabila $C_A = C_{A0}(1 - X_A)$ dan diselesaikan dengan integral dan batas kondisi $t_1 : C_{A0}$ dan $t_2 : C_A$ akan diperoleh persamaan:

$$- \int_{C_{A0}}^{C_A} \frac{dC_A}{C_A} = k' \int_{t_2}^{t_1} dt \quad (2.5)$$

$$\ln \frac{C_{A0}}{C_A} = k'(t_2 - t_1) \quad (2.6)$$

$$\ln \frac{1}{(1-X_A)} = k'(t_2 - t_1) \quad (2.7)$$

Dimana X_A = konversi reaksi setelah satu detik.

Persamaan 2.7 dapat diselesaikan dengan menggunakan pendekatan regresi $y = mx + c$, dengan $y = \ln \frac{1}{(1-X_A)}$ dan $x = t_2$.

2.3.2 Metode Hidrolisis Pati

Proses penguraian pati disebut dengan hidrolisis pati. Proses hidrolisis pati dibagi menjadi 2 metode, yaitu hidrolisis asam dan hidrolisis enzimatis.

1. Hidrolisis Asam

Hidrolisis asam adalah hidrolisis dengan menggunakan asam yang dapat mengubah polisakarida (pati dan selulosa) menjadi gula. Hidrolisis ini dilakukan dengan menggunakan katalisator H^+ yang dapat diambil dari asam seperti HCl, H_2SO_4 , dan HNO_3 (Wang & Copeland, 2015). Metode hidrolisis secara asam lebih sederhana, tanpa harus melalui beberapa tahapan seperti pada hidrolisis secara enzimatis. Selain itu juga hidrolisis secara asam memerlukan waktu proses yang relatif lebih singkat, teknologi yang lebih sederhana, pengaturan kondisi proses yang lebih mudah, serta biaya yang lebih murah (Devitria & Sepriyani, 2018).

2. Hidrolisis Enzimatis

Hidrolisis enzimatis merupakan proses konversi selulosa dan hemiselulosa menjadi gula reduksi menggunakan enzim. Enzim yang digunakan untuk mengonversi hemiselulosa menjadi glukosa adalah enzim xylanase, sedangkan enzim yang digunakan untuk mengonversi selulase menjadi glukosa adalah enzim selulase. Hidrolisis secara enzimatis dapat memutus ikatan glikosida secara spesifik dan tidak menyisakan residu (Salsabilla & Fahrurroji, 2021).

2.4 Modifikasi Pati

Aplikasi pati alami sering kali terbatas akibat kelarutannya yang rendah, daya absorpsi air yang rendah, serta kekeruhan *gel* yang dihasilkan. Amilosa

cenderung mengalami retrogradasi sehingga membentuk *gel* yang kaku, sedangkan amilopektin membentuk *gel* yang lebih lunak, hal ini kemudian berdampak pada rendahnya ketahanan termal dan meningkatnya laju dekomposisi termal. Selain itu, pati alami memiliki keterbatasan dalam stabilitas fungsional terhadap variasi pH dan suhu selama proses pengolahan. Beberapa granula pati bersifat inert, tidak larut dalam air pada suhu ruang, dan sangat resisten terhadap degradasi enzimatik, sehingga tidak dapat menjalankan fungsi aplikatifnya secara optimal (Mauro *et al.*, 2023).

Berbagai keterbatasan dalam pati alami dapat diatasi melalui modifikasi pati menggunakan metode konvensional seperti perlakuan termal, kimiawi, enzimatik, maupun metode non-termal terkini seperti tekanan tinggi, gelombang ultrasonik, plasma, dan aplikasi medan listrik. Pati umumnya dimodifikasi dengan tujuan untuk meningkatkan karakteristik sifat fisik dan kimia dari pati guna memperoleh sifat fungsional yang diinginkan. Sifat fisikokimia pati yang dapat dipengaruhi setelah proses modifikasi meliputi daya kelarutan, nilai transmisi cahaya, sifat reologi, sifat termal, serta struktur kristal dari granula pati (Hutabarat & Stevensen, 2023).

2.5 Reagen Fehling dalam Analisis Gula Hasil Hidrolisis

2.5.1 Komposisi dan Fungsi Reagen Fehling

Reagen Fehling merupakan larutan kimia yang digunakan untuk mendeteksi keberadaan gula pereduksi seperti glukosa dalam suatu larutan. Reagen ini terdiri atas dua komponen, yaitu Fehling A dan Fehling B, yang dicampurkan sesaat sebelum digunakan agar kestabilan larutan tetap terjaga. Fehling A adalah larutan tembaga(II) sulfat (CuSO_4) yang berwarna biru dan menjadi sumber ion Cu^{2+} . Fehling B adalah campuran natrium kalium tartrat (*Rochelle salt*) ($\text{NaKC}_4\text{H}_4\text{O}_6 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$) dan natrium hidroksida (NaOH) yang berfungsi sebagai basa sekaligus penstabil ion Cu^{2+} agar tetap larut dalam suasana alkalis (Aljamali *et al.*, 2025).

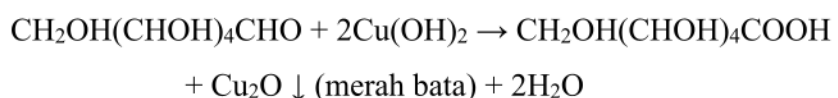
2.5.2 Mekanisme Reaksi

Metode Fehling didasarkan pada reaksi oksidasi-reduksi (redoks) antara gula pereduksi dengan ion tembaga(II) (Cu^{2+}) dalam suasana basa. Pereaksi Fehling terdiri atas dua larutan, yaitu Fehling A yang mengandung tembaga(II) sulfat (CuSO_4) dan Fehling B yang mengandung natrium kalium tartrat (*Rochelle salt*) serta natrium

hidroksida (NaOH). Kedua larutan ini dipisahkan selama penyimpanan untuk mencegah pengendapan ion tembaga sebelum digunakan.

Ketika Fehling A dicampurkan dengan Fehling B, ion Cu^{2+} dari CuSO_4 mula-mula bereaksi dengan ion hidroksida (OH^-) yang berasal dari NaOH sehingga terbentuk endapan tembaga(II) hidroksida ($\text{Cu}(\text{OH})_2$) berwarna biru muda. Endapan ini kemudian segera larut kembali karena ion tartrat mengikat ion Cu^{2+} membentuk kompleks tembaga(II) tartrat yang stabil dalam suasana basa. Pembentukan kompleks ini sangat penting karena menjaga ion tembaga tetap berada di dalam larutan sehingga dapat bereaksi secara optimal dengan gula pereduksi saat proses pemanasan. Ketika larutan Fehling yang telah bercampur ditambahkan ke dalam sampel yang mengandung gula pereduksi dan dipanaskan, gugus aldehida ($-\text{CHO}$) pada gula akan mengalami oksidasi menjadi gugus karboksilat ($-\text{COO}^-$). Pada saat yang sama, ion tembaga(II) (Cu^{2+}) yang terdapat dalam kompleks tembaga-tartrat mengalami reduksi menjadi ion tembaga(I) (Cu^+). Ion Cu^+ yang terbentuk tidak stabil dalam suasana basa sehingga akan bergabung membentuk endapan tembaga(I) oksida (Cu_2O) yang berwarna merah bata. Oleh karena itu, semakin banyak gula pereduksi yang terdapat dalam sampel, semakin banyak pula ion Cu^{2+} yang direduksi sehingga endapan Cu_2O yang terbentuk akan semakin banyak.

Perubahan warna larutan dari biru menjadi merah bata merupakan indikator bahwa reaksi reduksi ion Cu^{2+} telah berlangsung. Warna biru menunjukkan bahwa ion tembaga(II) masih mendominasi di dalam larutan, sedangkan terbentuknya endapan merah bata menandakan bahwa sebagian besar ion Cu^{2+} telah direduksi menjadi Cu_2O akibat oksidasi gula pereduksi. Dengan demikian, jumlah Cu_2O yang terbentuk sebanding dengan kadar gula pereduksi dalam sampel, sehingga reaksi ini dapat dimanfaatkan untuk analisis kuantitatif menggunakan metode Fehling (Zhang & Chen, 2020).



2.6 Variabel yang Berpengaruh

Variabel-variabel yang berpengaruh dalam reaksi hidrolisis pati meliputi:

1. Katalisator

Reaksi hidrolisis merupakan reaksi yang berlangsung sangat lama karena itu dibutuhkan katalisator untuk mempercepat reaksi. Katalisator yang dipakai dapat berupa asam atau enzim karena kinerjanya lebih cepat. Asam yang dipakai beraneka jenisnya mulai dari HCl, H₂SO₄ sampai HNO₃ (Nasution *et al.*, 2023). Yang mempengaruhi kecepatan reaksi adalah konsentrasi ion H⁺ bukan jenis asamnya. Meskipun demikian, didalam industri umumnya dipakai asam klorida (Zuhair Ds., 2022). Pemilihan ini didasarkan atas sifat garam yang terbentuk pada penetralan tidak menimbulkan gangguan apa-apa selain rasa asin jika konsentrasinya tinggi. Oleh karena itu, konsentrasi asam dalam air penghidrolisa ditekan sekecil mungkin. Umumnya dipergunakan larutan asam yang mempunyai konsentrasi asam yang lebih tinggi daripada pembuatan sirup. Hidrolisis pada tekanan 1 atm memerlukan asam yang jauh lebih pekat.

2. Suhu

Pengaruh suhu terhadap kecepatan reaksi mengikuti persamaan Arrhenius, dimana semakin tinggi suhu maka semakin cepat laju reaksinya. Suhu yang optimum pada reaksi hidrolisis akan menghasilkan energi aktivasi yang semakin kecil, hal tersebut memungkinkan hasil konversi hidrolisis yang lebih besar (Milek & Lamkiewicz, 2022). Untuk mencapai konversi tertentu, diperlukan waktu sekitar 48 menit untuk menghidrolisa pati ubi kayu pada suhu 100°C (Ardiansyah *et al.*, 2018). Sedangkan, hidrolisis pati gandum dan jagung dengan katalisator H₂SO₄ memerlukan suhu 160°C.

3. Pencampuran (Pengadukan)

Pencampuran diperlukan untuk meningkatkan kontak antara zat pereaksi dan mempercepat laju hidrolisis. Pada tahap awal, agitasi membantu mengurangi hambatan perpindahan massa, terutama pada sistem dengan konsentrasi padatan tinggi. Kecepatan pengadukan yang sesuai dapat meningkatkan efisiensi reaksi, sedangkan pengadukan yang terlalu kuat justru menurunkan efisiensi akibat gaya geser yang berlebihan.

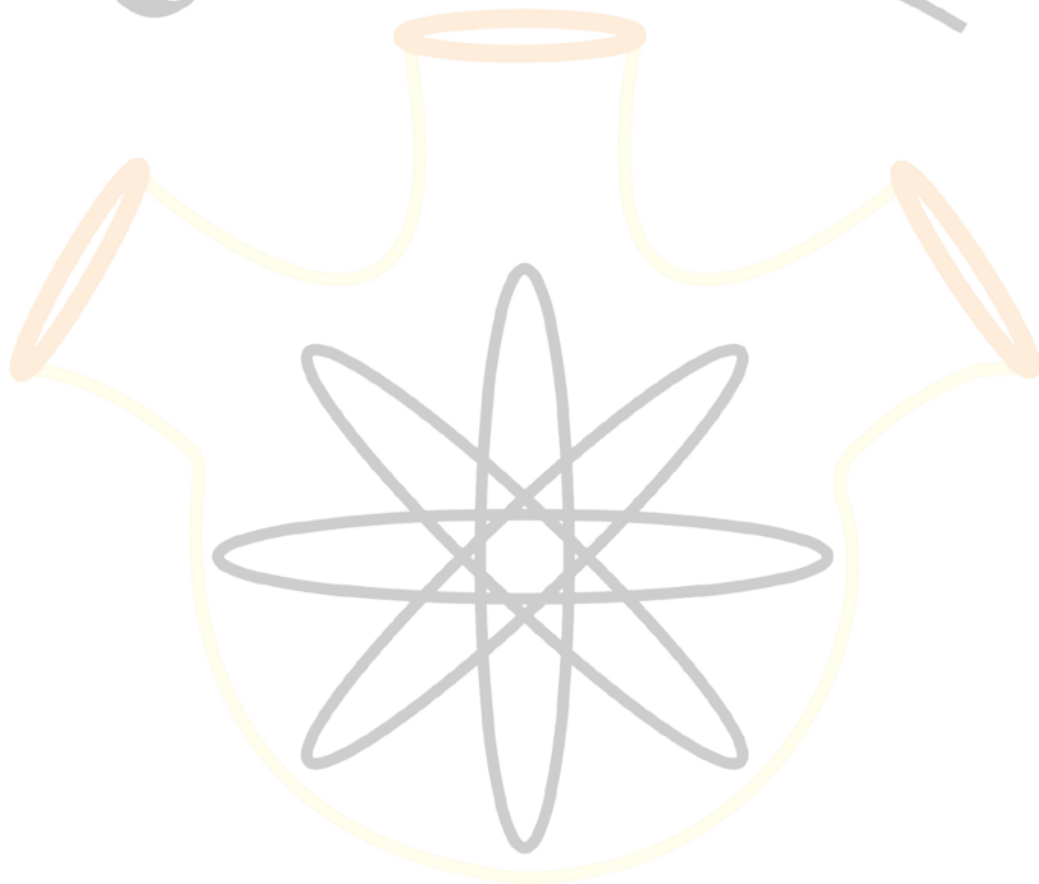
Peningkatan kecepatan agitasi dari 0 hingga 150 rpm dapat meningkatkan hasil glukosa, tetapi kecepatan seperti 200 rpm justru menurunkan efisiensi hidrolisis (Guo *et al.*, 2015).

4. Perbandingan zat pereaksi

Jika salah satu zat pereaksi dibuat berlebihan jumlahnya maka keseimbangan dapat bergeser ke arah kanan dengan baik. Oleh karena itu,

suspensi pati yang kadarnya rendah memberikan hasil yang lebih baik dibandingkan dengan yang kadarnya tinggi. Bila kadar suspensi pati diturunkan dari 40% menjadi 20% atau 1% maka konversi akan bertambah dari 80% menjadi 87% atau 99% (Groggins, 1958). Pada permukaan, kadar suspensi pati yang tinggi sehingga molekul-molekul zat pereaksi akan sulit bergerak. Untuk menghasilkan glukosa biasanya dipergunakan suspensi pati sekitar 20%.

CHEMICAL



Process

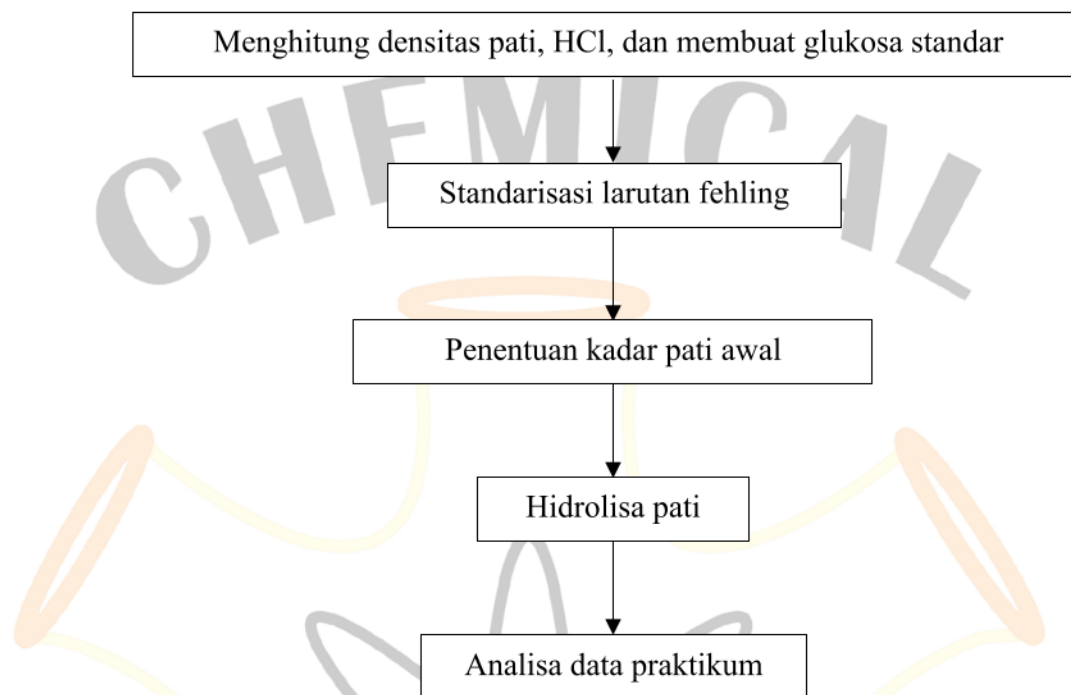
Laboratory

BAB III

METODE PRAKTIKUM

3.1 Rancangan Percobaan

3.1.1 Rancangan Praktikum



Gambar 3.1 Skema rancangan praktikum

3.1.2 Penetapan Variabel

- Variabel tetap :
- Variabel berubah :

3.2 Bahan dan Alat yang Digunakan

3.2.1 Bahan

- Glukosa anhidrit
- Tepung
- NaOH
- HCl
- Indikator MB
- Fehling A
- Fehling B
- Aquadest*

3.2.2 Alat

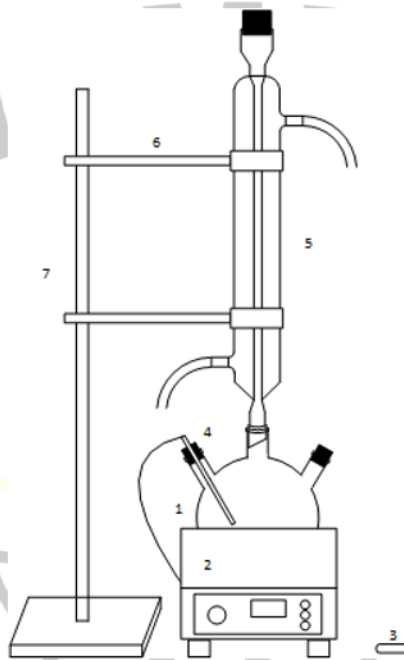
- Gelas ukur
- Termometer
- Erlenmeyer

Process

Laboratory

4. Statif dan klem
5. Buret
6. Labu leher tiga
7. Labu takar

3.3 Gambar Alat



Gambar 3.2 Rangkaian alat hidrolisis

Keterangan:

1. Labu leher tiga
2. *Heating Mantle*
3. *Stirrer*
4. *Thermocouple*
5. Pendingin balik
6. Klem
7. Statif

3.4 Prosedur Praktikum

1. Persiapan awal

- a. Menghitung densitas pati

Ke dalam gelas ukur, 5 ml *aquadest* dimasukkan 1 gram pati, catat perubahan volume.

$$\rho_{\text{pati}} = \frac{m_{\text{pati}}}{\Delta V} \quad (3.1)$$

- b. Menghitung densitas HCl

Timbang berat *picnometer* kosong (m_1), masukkan HCl ke dalam *picnometer* yang telah diketahui volumenya (v), timbang beratnya (m_2), hitung densitas HCl.

$$\rho_{\text{pati}} = \frac{m_2 - m_1}{\Delta V} \quad (3.2)$$

c. Membuat glukosa standar

Glukosa anhidrit sebanyak 2 gram dilarutkan dalam 1000 ml *aquadest*.

2. Penentuan kadar pati

a. Standarisasi larutan Fehling

10 ml Fehling A + 10 ml Fehling B + 15 ml glukosa standar dipanaskan sampai suhu 60°C. Setelah mencapai suhu tersebut tambahkan 3 tetes MB, kemudian larutan dititrasi dengan glukosa standar hingga warna berubah menjadi merah bata. Catat volume titran (F) yang diperlukan. Proses titrasi dilakukan dalam keadaan suhu terjaga pada 60°C.

b. Penentuan kadar pati awal

Sebanyak ... gram pati, ... ml katalis HCl dan ... ml *aquadest* dimasukkan ke dalam labu leher tiga dan dipanaskan hingga suhu ...°C, selama 1 jam. Setelah itu, larutan didinginkan, diencerkan dengan *aquadest* sampai 500 ml lalu diambil 20 ml dan dinetralkan dengan NaOH (pH = 7). Larutan diambil 5 ml diencerkan sampai 100 ml, diambil 10 ml. Ke dalam Erlenmeyer dimasukkan 10 ml larutan + 10 ml Fehling A + 10 ml Fehling B + 15 ml glukosa standar, kemudian dipanaskan sampai suhu 60°C. Lalu ditambahkan 3 tetes indikator MB. Kemudian larutan dititrasi dengan glukosa standar sehingga berubah warna menjadi warna merah bata. Catat volume titran yang dibutuhkan (M). Yang perlu diperhatikan, proses titrasi dilakukan dalam keadaan suhu terjaga pada 60°C. Lakukan hal yang sama untuk variabel lain.

c. Hidrolisa pati

Sebanyak ... gram pati, ... ml katalis HCl dan ... ml *aquadest* dimasukkan ke dalam labu leher tiga dan dipanaskan hingga suhu ...°C. Lalu setelah 5 menit diambil sampel sebanyak 20 ml. Kemudian sampel dinetralkan dengan NaOH (pH = 7). Larutan diambil 5 ml, diencerkan sampai 100 ml, diambil 10 ml. Ke dalam erlenmeyer dimasukkan 10 ml larutan + 10 ml Fehling A + 10 ml Fehling B + 15 ml glukosa standar, kemudian dipanaskan sampai 60°C. Lalu ditambahkan 3 tetes indikator MB. Kemudian larutan dititrasi dengan glukosa standar sehingga berubah warna menjadi warna merah bata.

Catat V titran yang dibutuhkan (M). Yang perlu diperhatikan, proses titrasi dilakukan dalam keadaan suhu terjaga pada 60°C. Pengambilan sampel dilakukan setiap selang waktu 5 menit sebanyak 5 kali 25 menit. (t_1 =menit ke-5, t_2 =menit ke-10, t_3 =menit ke-15, t_4 =menit ke-20, t_5 =menit ke-25). Lakukan hal yang sama untuk variabel 2.

Rumus penentuan kadar pati awal :

$$X_{P0} = \frac{(F-M) \times N \text{ glukosa} \times \frac{500}{\text{basis}} \times \frac{100}{5} \times 0,9}{W} \quad (3.3)$$

Di mana,

N = 0,002 gr/ml

W = berat pati

Perhitungan kebutuhan reagen :

a) Menghitung kebutuhan HCl

$$V_{HCl} = \frac{N_{HCl} \times MW_{HCl} \times V_{Solution}}{\rho_{HCl} \times HCl \text{ content} \times 1000 \times g_{req}} \quad (3.4)$$

b) Menghitung kebutuhan pati

$$\% \text{suspensi} = \frac{X_p \times W_{pati}}{W_{pati} + W_{HCl} + W_{air}} \quad (3.5)$$

Dimana,

$$W_{pati} = \rho_{pati} \times V_{pati} \quad (3.6)$$

$$W_{HCl} = \rho_{HCl} \times V_{HCl} \quad (3.7)$$

$$W_{air} = \rho_{air} \times (V_{larutan} - V_{pati} - V_{HCl}) \quad (3.8)$$

$$X_{P0} = \frac{(F-M) \times N \text{ glukosa} \times \frac{500}{\text{basis}} \times \frac{100}{5} \times 0,9}{W} \quad (3.9)$$

Process

Laboratory

DAFTAR PUSTAKA

- Aljami, N. M., Jwad, S. M., Alfartosi, W. H. A., dan Ameerghafil, R. A. (2025). Review on Bio and Chemical Reagents (Methods of Preparation and Uses). *Journal of Water Pollution & Purification Research*, 12(2).
- Ardiansyah, A., Nurlansi, N., & Musta, R. (2018). Waktu Optimum Hidrolisis pati limbah Hasil Olahan Ubi Kayu (*Manihot esculenta* Crantz var. Lahumbu) Menjadi Gula Cair Menggunakan enzim α -Amilase Dan glukamilase. *Indo. J. Chem. Res.*, 5(2), 86–95. <https://doi.org/10.30598//ijcr.2018.5-ard>.
- Compart, J., Singh, A., Fettke, J., dan Apriyanto, A. (2023). Customizing Starch Properties: A Review of Starch Modifications and Their Applications. *Polymers*, 15. <https://doi.org/10.3390/polym15163491>.
- Devitria, R. & Sepriyani, H. (2018). Optimalisasi Asam Klorida Pada Proses Hidrolisis Limbah Ampas Sagu (*Metroxylon, sp*) terhadap Kadar Glukosa. *Klinikal Sains: Jurnal Analis Kesehatan*, 6(2), 37-42.
- Groggins, P. H. (1958). *Unit Processes in Organic Synthesis*, 5th ed. 775 -777, McGraw–Hill Book Company, New York.
- Guo, H., Su, R., Huang, R., Qi, W., dan He, Z. (2015). Co-Optimization of Sugar Yield and Input Energy by The Stepwise Reduction of Agitation Rate During Lignocellulose Hydrolysis. *Food and Bioproducts Processing*, 95, 1-6.
- Harni, M., Anggraini, T., Rini, & Suliansyah, I. (2022). Review artikel: Pati pada berbagai sumber tanaman. *Agroteknika*, 5(1), 26-39. <https://doi.org/10.55043/agroteknika.v5i1.118>.
- Hutabarat, D. J. C. & Stevensen, J. (2023). Physicochemical Properties of Enzymatically Modified Starch: A Review. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1169/1/012093>.
- Milek, J., & Lamkiewicz, J. (2022). The starch hydrolysis by α -amylase bacillus spp.: An estimation of the optimum temperatures, the activation and deactivation energies. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, 147(24), 14459-14466. <https://doi.org/10.1007/s10973-022-11738-1>.
- Mauro, R. R., Vela, A. J., dan Ronda, F. (2023). Impact of Starch Concentration on the Pasting and Rheological Properties of Gluten-Free Gels. Effects of Amylose Content and Thermal and Hydration. *Foods*, 12. <https://doi.org/10.3390/foods12122281>.
- Nasution, S. F., Lubis, L. H., Haharap, S., & Siregar, A. U. (2023). Hidrolisis Pati Kacang Kedelai (*Glycine max* (L.) Merrill) dengan Pengaruh Jenis Katalis Asam.

Journal of Pharmaceutical and Health Research, 4(1), 141-146.
<https://doi.org/DOI 10.47065/jharma.v4i1.3187>.

Ozkan, C. K., Ozgunay, H., dan Akat, H. (2019). Possible Use of Corn Starch as Tanning Agent in Leather Industry: Controlled (Gradual) Degradation by H₂O₂. *International Journal of Biological Macromolecules*, 122, 610-618.
<https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2018.10.217>.

Salsabila, A. L., & Fahrurroji, I. (2021). Hidrolisis Pada Sintesis Gula Berbasis Pati Jagung. *Edufortech*, 6(1), 32-38.

Wang, S., & Copeland, L. (2015). Effect of acid hydrolysis on starch structure and functionality: A review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 55(8), 1081–1097. <https://doi.org/10.1080/10408398.2012.684551>.

Zhang, Y. dan Chen, Q. (2020). Improving Measurement of Reducing Sugar Content in Carbonated Beverages Using Fehling's Reagent. *Journal of Emerging Investigators*, 2.

Zuhair Ds, N. (2022). Pengaruh Waktu Hidrolisis dan Konsentrasi Katalis Asam Klorida Terhadap Hidrolisis Kulit Gandum Pollard. *Journal of Industrial Process and Chemical Engineering (JOICHE)*, 2(1), 76-80.

Process

Laboratory

IDENTIFIKASI BAHAYA DAN ANALISA RESIKO

MATERI : HIDROLISIS PATI

IDENTIFIKASI BAHAYA (IB)										
A	Mekanik		D	Lingkungan		E	Bahan kimia		G	Bahaya lainnya
A1	Penanganan manual		D1	Kebisingan		E1	Racun	√	G1	Gas terkompresi
A2	Bagian yang bergerak		D2	Getaran		E2	Iritan	√	G2	Radiasi pengion
A3	Bagian yang berputar		D3	Penerangan		E3	Korosif		G3	Radiasi UV
A4	Pemotongan		D4	Kelembaban		E4	Karsinogenik		G4	Kelelahan
B	Biologi		D5	Temperatur	√	E5	Mudah terbakar		G5	Ruang sempit
B1	Bakteri		D6	Bahaya perjalanan		E6	Mudah meledak		G6	Penuh sesak
B2	Virus		D7	Permukaan yang licin	√	E7	Cryogenics		G7	Termometer
B3	Jamur		D8	Limbah padat		F	Peralatan			
C	Listrik		D9	Kualitas udara		F1	Bejana tekan			
C1	Voltase tinggi	√	D10	Pekerjaan soliter		F2	Peralatan panas	√		
C2	Listrik statis		D11	Percikan/tetes/banjir	√	F3	Laser			

Process

Laboratory

C3	Kabel	√	D12	Tumpahan serbuk	√	F4	Pembuluh kaca			
DETAIL RISIKO										
IB	Resiko (setelah tindakan pengendalian)				Identifikasi resiko	Tindakan pengendalian untuk meminimalisir resiko	Tindakan pertolongan pertama			
	Tinggi	Sedang	Rendah	Minimal						
1. PREPARASI/TAHAP AWAL										
D7, D11				√	Saat melakukan kalibrasi piknometer, dan pembuatan reagen-reagen, terdapat resiko <i>aquadest</i> tumpah yang menyebabkan permukaan menjadi licin.	Berhati-hati dalam menggunakan <i>aquadest</i> , jika <i>aquadest</i> dialirkan menuju tempat yang rawan terjadi tumpah, gunakan corong agar dapat meminimalisir terjadinya resiko permukaan licin	Jika tergelincir, periksa bagian yang cidera dan obati bagian yang cidera. Apabila cideranya besar atau bertambah parah, bawa korban ke rumah sakit/klinik terdekat.			

Process

Laboratory

D12				√	Saat melakukan perhitungan densitas pati, terdapat resiko dimana bubuk pati jatuh akan mengotori ruangan dan menyumbat saluran pernafasan apabila terhirup.	Hati-hati dalam memindahkan bubuk pati	Bersihkan serbuk pati yang jatuh. Apabila terhirup, sebisa mungkin keluarkan bubuk pati yang terhirup. Apabila cedera bertambah parah, bawa korban ke rumah sakit/ klinik terdekat
2. PERCOBAAN UTAMA							
C1, C3		√			Adanya kabel yang terlupas dan dapat mengakibatkan arus pendek maupun tersengat listrik	Lakukan pemeriksaan dan memastikan alat secara baik.	Cabut sumber listrik untuk menghentikan aliran listrik.

Process

Laboratory

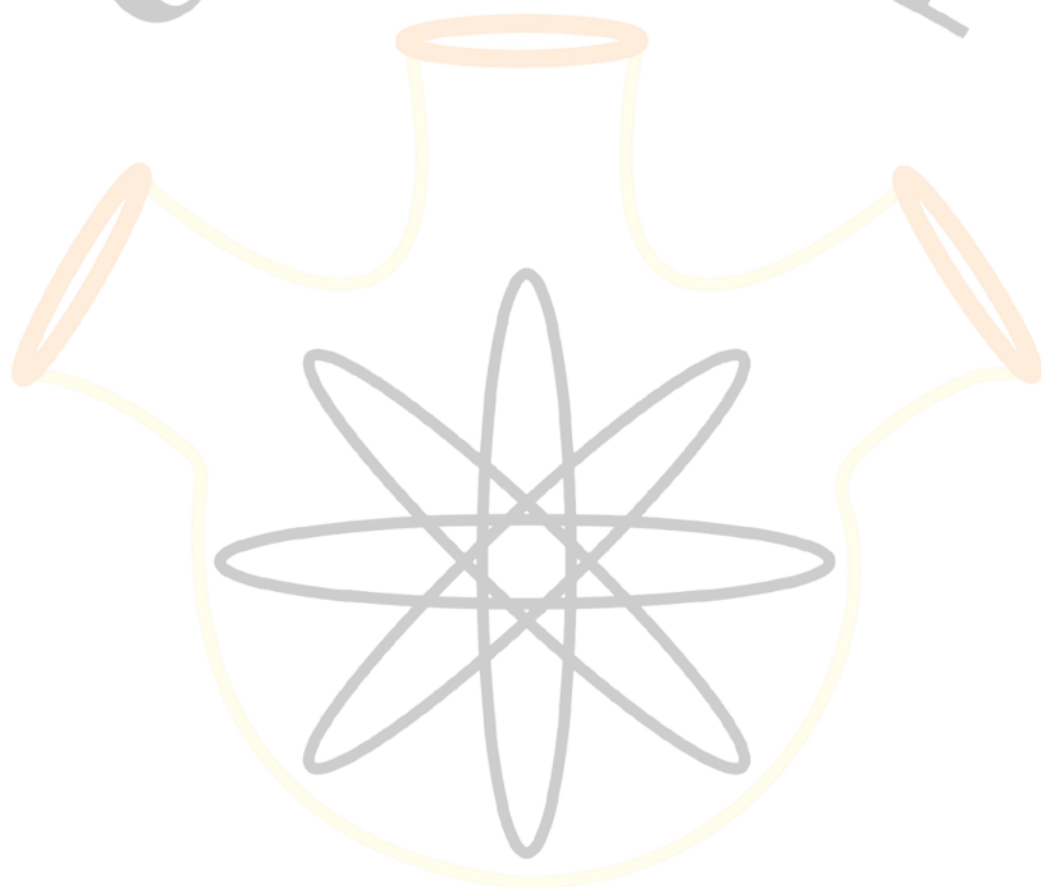
D5, F2		√			Adanya kontak dengan kompor listrik atau alat yang dipanaskan diatas kompor listrik.	Hati-hati dengan permukaan panas pada saat melakukan proses pemanasan dan meletakkan rangkaian alat ke tempat yang lebih aman agar tidak terjadi kontak	Hentikan proses pemanasan, dinginkan luka bakar, dan diberikan obat anti nyeri. Jika masih berlanjut, dibawa ke klinik atau rumah sakit terdekat.
DETAIL RISIKO							
IB	Resiko (setelah tindakan pengendalian)				Identifikasi resiko	Tindakan pengendalian untuk meminimalisir resiko	Tindakan pertolongan pertama
	Tinggi	Sedang	Rendah	Minimal			

Process

Laboratory

E1, E2		√			Penggunaan reagen asam dan basa pada praktikum ini terdapat resiko kontak dengan kulit yang menyebabkan iritasi dan apabila tidak sengaja terkonsumsi dapat mengakibatkan keracunan.	Menggunakan sarung tangan lateks selama praktikum dan mengganti sarung tangan apabila sobek dan bolong serta berhati-hati dalam memindahkan reagen-reagen asam dan basa	Jika reagen terkena kulit, segera cuci tangan dengan air mengalir hingga bersih. Jika terkonsumsi, segera minum air mineral dan cuci mulut agar bahaya reagen dapat diminimalisir. Apabila bertambah parah, bawa korban ke rumah sakit/ klinik terdekat
3. ANALISA/TAHAP AKHIR							
D7, D11				√	Saat melakukan titrasi terdapat resiko larutan tumpah yang menyebabkan permukaan menjadi licin	Berhati-hati dalam menggunakan <i>aquadest</i> , jika <i>aquadest</i> dialirkan menuju tempat yang rawan terjadi tumpah, gunakan corong agar dapat meminimalisir terjadinya resiko permukaan licin meminimalisir terjadinya resiko permukaan licin.	Jika tergelincir, periksa bagian yang cidera dan obati bagian yang cidera. Apabila cideranya besar atau bertambah parah, bawa korban ke rumah sakit/klinik terdekat

CHEMICAL



Process

Laboratory