

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

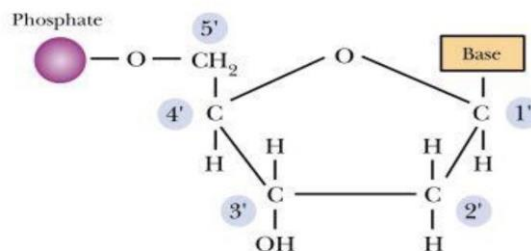
A. Tinjauan Teori

1. *Deoxyribonucleic Acid (DNA)*

a. Pengertian DNA

DNA adalah polimer asam nukleat yang tersusun secara sistematis dan merupakan pembawa informasi genetik yang diturunkan kepada jasad keturunannya. Informasi genetik ini disusun dalam bentuk kodon yang berupa tiga pasang basa nukleotida dan menentukan bentuk, struktur, maupun fisiologi suatu jasad (Yuwono, 2005).

Dalam setiap sel tubuh manusia, DNA terbungkus oleh protein yang bernama protein histon. Kumpulan DNA yang dibungkus ini disebut nukleosom. Berbagai nukleosom digabung menjadi struktur yang lebih besar, dinamakan kromatin. Selanjutnya, berbagai rantai kromatin membentuk unit yang paling kompleks, yaitu kromosom. Dengan demikian, jika diurutkan dari yang paling kecil sampai yang paling kompleks, maka gen adalah unsur paling kecil dan kromosom yang paling rumit. DNA dalam tubuh berperan dalam biosintesis protein dan sebagai pembawa informasi genetik/sifat keturunan yang diwariskan dari orang tua ke keturunannya. DNA adalah polimer yang tersusun atas monomer-monomer yang disebut nukleotida. Nukleotida merupakan monomer dari asam nukleat yang tersusun dari 3 molekul yaitu gugus fosfat, gula pentosa, dan basa nitrogen (Mushlih, 2019).



Sumber: Nurhayati, 2017

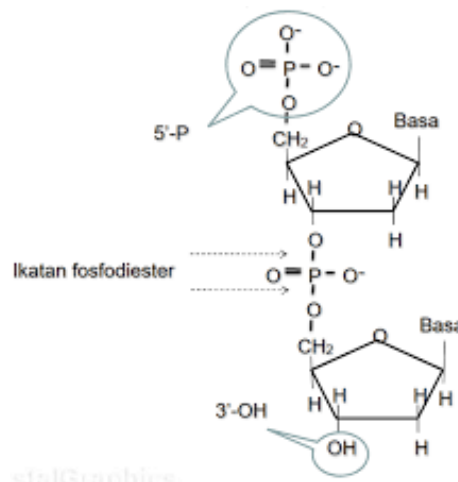
Gambar 2. 1 Mononukleotida (gugus phosphat, gula pentosa, basa nitrogen)

b. Komponen DNA

Nukleotida tersusun dari 3 komponen, yaitu:

1) Gugus Fosfat (PO_4)

Suatu basa yang terikat pada satu gugus gula disebut nukleosida, sedangkan nukleotida adalah satu nukleosida yang berikatan dengan gugus fosfat. Gugus fosfat inilah yang menyebabkan asam nukleat bermuatan negatif kuat. Didalam molekul DNA atau RNA, nukleotida satu dengan yang lainnya dihubungkan oleh ikatan fosfodiester yang terbentuk dari gugus PO_4 pada atom C5 dari nukleotida satu dan gugus OH pada atom C3 dari nukleotida yang lain. Dua nukleotida yang dihubungkan dengan satu ikatan fosfodiester disebut dinukleotida. Lebih dari dua atau banyak nukleotida yang dihubungkan dengan banyak ikatan fosfodiester disebut polinukleotida. Polinukleotida adalah asam nukleat yang terdiri dari DNA dan RNA. Basa purin dan pirimidin tidak berikatan secara kovalen satu sama lain. Oleh karena itu, suatu polinukleotida tersusun atas kerangka gula-fosfat yang berseling-seling dan mempunyai ujung 5'-P dan 3'-OH (Yuwono, 2005).



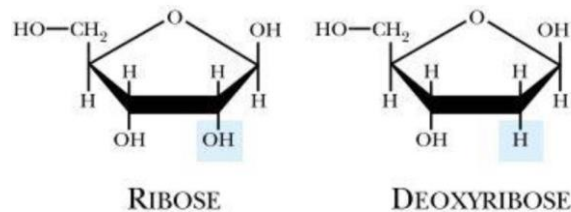
Sumber: Yuwono, 2005

Gambar 2. 2 Ikatan fosfodiester antar nukleotida

2) Gula Pentosa

Gula pentosa disebut gula 5 karbon karena ada 5 unsur/atom C. Pada RNA gulanya adalah *ribosa*, sedangkan pada DNA gulanya adalah *deoksiribosa*. Perbedaan antara kedua bentuk gula tersebut terletak pada atom C nomor 2. Pada RNA, atom C nomor 2 berikatan dengan gugus hidroksil

(OH) sedangkan pada DNA atom C nomor 2 berikatan dengan atom H. Terdapat 2 jenis, yaitu gula ribosa yang menyusun ribonukleotida (monomer RNA) dan gula 2-deoksiribosa yang menyusun deoxyribonucleotida (monomer DNA) (Yuwono, 2005).

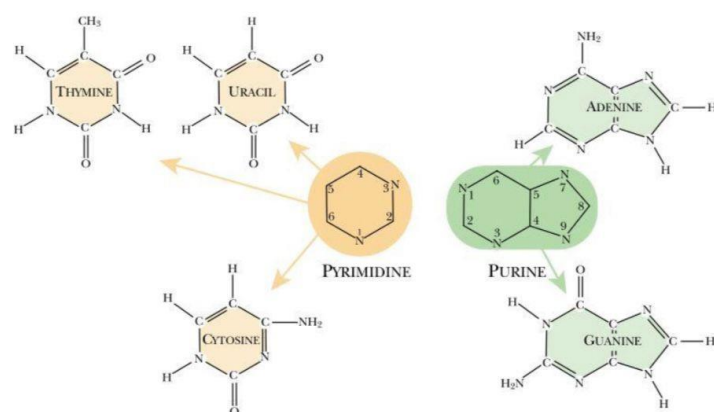


Sumber: Nurhayati, 2017

Gambar 2. 3 Gula Ribosa dan Deoksiribosa

3) Basa Nitrogen

Basa Nitrogen dikelompokkan menjadi 2 yaitu basa purin dan pirimidin. Basa purin terdiri dari *adenine* (A) dan *guanine* (G) sedangkan basa pirimidin terdiri dari *thymine* (T), *cytosine* (C) dan *uracil* (U). Baik DNA (*deoxyribonucleic acid*) maupun RNA (*ribonucleic acid*) tersusun atas A, G, C, tetapi T hanya ada pada DNA sedangkan U hanya ada pada RNA (Yuwono, 2005). Struktur basa nitrogen penyusun asam nukleat dapat dilihat pada gambar

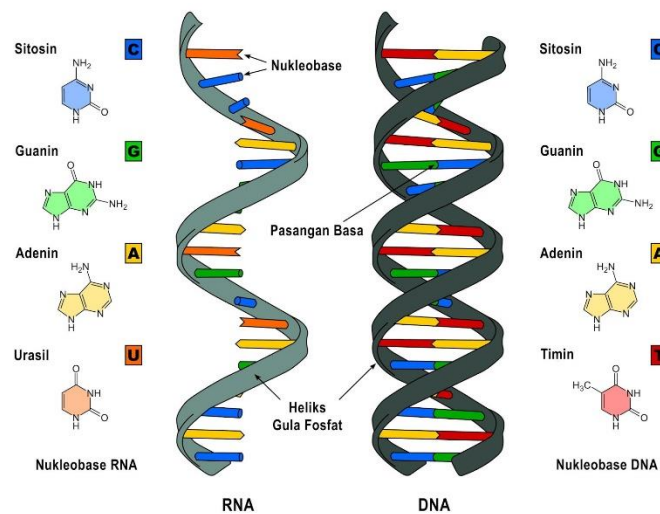


Sumber : Nurhayati,2017

Gambar 2. 4 Basa Purin dan Pirimidin.

c. Struktur DNA

Struktur DNA dan RNA sangat mirip. Struktur utamanya adalah polimer linier yang terdiri dari monomer yang disebut nukleotida. DNA terdiri atas dua untai yang berpilin yang membentuk struktur heliks ganda yang berfungsi sebagai penyusun materi genetik. Mononukleotida yang membentuk DNA terdiri dari satu basa nitrogen (Adenin, Guanin, Cytosin, Timin), satu gula 2-deoksi-D-Ribosa, dan satu gugus fosfat. Ketika mononukleotida ini disusun menjadi polinukleotida, akan membentuk struktur double heliks atau dua untai. Kedua untai tersebut bersifat komplementer, saling berpasangan. Selain itu, ikatan hidrogen juga menghubungkan kedua untai tersebut. Misalnya, jika nukleotida pada untai pertama memiliki basa Adenin, maka ia akan berpasangan dengan nukleotida yang membawa basa Timin pada untai kedua. Antara kedua nukleotida tersebut akan terbentuk dua ikatan hidrogen yang menghubungkan Adenin dengan Timin (Primandiri et al., 2020).



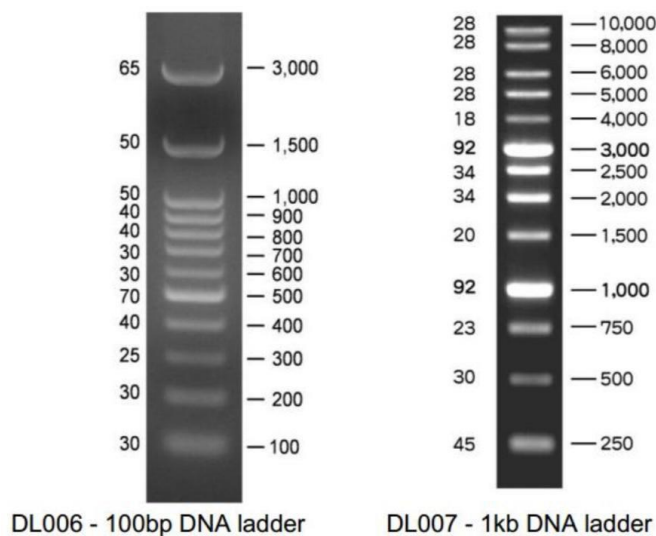
Sumber : Nurhayati, 2017

Gambar 2.5 Struktur DNA

2. DNA Ladder

DNA ladder digunakan untuk menentukan fragmen DNA pada proses elektroforesis di laboratorium Biologi Molekuler, DNA ladder sudah diketahui ukurannya. Dalam visualisasi DNA biasanya dibutuhkan DNA Ladder yang berperan sebagai marker DNA untuk mengetahui hasil ampikon yang telah

dilakukan. Marker ini memiliki berbagai macam ukuran mulai dari 100 bp – 1000 bp, ada pula yang dimulai dari 250 bp – 5000 bp atau 500 bp – 5000 bp (Mushlih, 2019).



Sumber : Mushlih, 2019

Gambar 2.6 DNA Ladder

3. PCR (*Polymerase Chain Reaction*)

Deoxyribo Nucleic Acid (DNA) dapat dianalisis menggunakan metode *Polymerase Chain Reaction* (PCR). PCR merupakan sebuah teknologi yang dapat melipat gandakan/memperbanyak fragmen DNA secara enzimatik (*in vitro*). Sebagian besar segmen DNA yang memiliki panjang dan urutan basa tertentu dapat disintesis dari sampel atau cetakan (*template*) DNA dalam jumlah kecil. PCR adalah metode yang cepat, sensitif, dan murah unruk mengaplikasi DNA yang dikehendaki (target). Komponen reaksi PCR stanar meliputi DNA polimerase termostabil, cetakan DNA (*template*), primer, substrat dNTP, buffer MgCl₂ dan garam (Mursyidin, 2024).

PCR konvensional adalah salah satu metode PCR yang melibatkan beberapa tahapan berulang (siklus) dan pada setiap tahapan terjadi duplikasi target DNA, tahapan akan berulang sebanyak 25-30 siklus. Tahap perbanyak materi genetik dan deteksi produk PCR dilakukan secara berurutan, dengan deteksi dilakukan setelah tahap perbanyak selesai. Dalam reaksi PCR konvensional, biasanya digunakan satu pasang primer oligonukleotida untuk mengamplifikasi bagian tertentu dari genom agen

infeksi, dan proses ini dilakukan dalam sebuah tabung. Primer PCR adalah oligodeoksinukleotida pendek atau oligomer yang dirancang untuk melengkapi urutan akhir dari amplicon target PCR dan berfungsi untuk memulai sintesis rantai DNA (Maksum et al., 2019).

a. Prinsip Kerja PCR

Prinsip dasar metode ini adalah perbanyakan fragmen DNA menggunakan enzim polymerase pada temperatur yang tinggi yang dilakukan secara berulang. Pada proses PCR dibutuhkan oligonukleotida pendek (primer DNA) yang berperan dalam mengawali proses ini. Primer akan menempel atau hybrid pada untai tunggal DNA saat temperatur diturunkan setelah terjadi pemisahan untai ganda DNA. Produk hasil PCR dapat diamati menggunakan teknik elektroforesis agarosa (Puspitaningrum et al., 2018).

b. Tahapan Proses PCR

Tahapan PCR terdiri atas tiga tahapan penting yaitu tahap denaturasi, tahap penempelan primer (annealing), dan tahap elongasi (pemanjangan primer).

1) Denaturasi

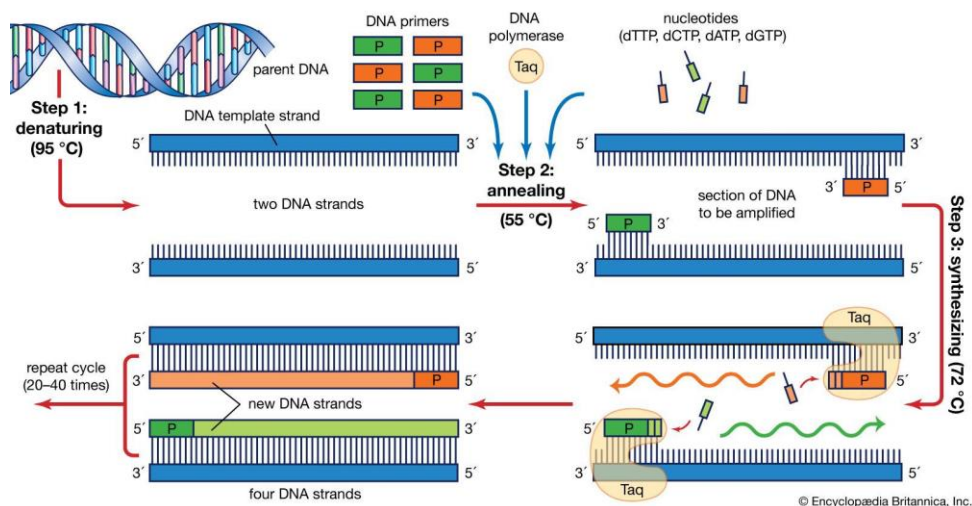
Pada proses ini terdapat proses pra denaturasi yaitu tahap awal pada PCR. Tahapan ini berlangsung selama 1-2 menit pada suhu 92-98°C dengan 1 siklus. Tahapan ini bertujuan untuk memisahkan double helix DNA template menjadi single. Kemudian Proses Denaturasi merupakan tahapan lanjutan dari tahapan pra denaturasi, dimana pada tahapan ini double helix DNA template menjadi single. Tahapan ini berlangsung selama 30 detik - 1 menit (tergantung kit yang digunakan) pada suhu 92-98°C dengan siklus berulang selama 25-30 siklus (Andalia et al., 2023).

2) Annealing

Annealing merupakan tahapan lanjutan dari tahapan denaturasi, dimana pada tahapan ini kedua primer (*forward primer* dan *reverse primer*) akan menempel pada rantai DNA target. Tahapan ini berlangsung selama 30-45 detik pada suhu 37-65 °C dengan siklus berulang selama 25-30 siklus (Andalia et al., 2023).

3) Ekstensi/Elongasi

Extension merupakan tahapan lanjutan dari tahapan annealing. Pada tahapan ini enzim DNA polimerase akan memperpanjang DNA primer dari ujung 3'. Tahapan ini berlangsung selama 1 menit pada suhu 72 °C dengan siklus berulang selama 25-30 siklus, dalam waktu satu detik diperkirakan terdapat 35-100 nukleotida yang tersusun. Pada tahap ini ada tahap *post-extension* yang merupakan tahapan akhir pada proses PCR setelah tahapan denaturasi, annealing dan extention berulang hingga 25-30 siklus. Tahapan ini berlangsung 5 menit pada suhu 72 °C dengan satu siklus. Pada tahap ini diharapkan semua produk PCR terbentuk menjadi DNA untai ganda (Andalia et al., 2023).



Sumber : Andalia, 2023

Gambar 2. 7 Tahapan-tahapan Polymerase Chain Reaction (PCR)

4. Elektroforesis

Elektroforesis merupakan suatu metode pemisahan molekul yang menggunakan medan listrik (*elektro*) sebagai penggerak molekul dan matriks penyangga berpori (*foresis*). Metode ini digunakan untuk memisahkan molekul yang bermuatan atau dibuat bermuatan dengan menggunakan ekektroforesis, protein bisa dipisahkan berdasarkan berat molekulnya. Kecepatan molekul yang bergerak pada medan listrik tergantung pada muatan, bentuk, dan ukuran. Elektroforesis dapat digunakan untuk pemisahan makromolekul (seperti protein dan asam nukleat). Posisi molekul yang

memisah pada gel dapat dideteksi dengan pewarnaan atau autoradiografi, ataupun dilakukan kuantifikasi dengan densitometer (Fatchiyah et al., 2011).

a. Prinsip kerja elektroforesis

Prinsip teknik elektroforesis adalah berdasarkan migrasi partikel bermuatan dibawah pengaruh medan listrik pada kondisi yang konstan. Oleh karena itu setiap nukleotida dalam molekul DNA dapat ditetapkan dengan teliti menggunakan teknik elektroforesis yang memisahkan molekul berdasarkan berat molekul (Puspitaningrum et al., 2018).

b. Komponen alat elektroforesis gel

Berikut merupakan komponen-komponen pada alat elektroforesi gel (Mushlih, 2019) :

- 1) *Comb* : digunakan untuk membentuk well pada gel agarosa
- 2) *Tray* : digunakan sebagai cetakan gel agarosa
- 3) *Chamber* : digunakan sebagai wadah gel agarosa
- 4) Sumber listrik : digunakan untuk memberi arus listrik saat proses elektroforesis

c. Elektroforesis Gel Agarosa

Produk PCR (DNA) dapat diidentifikasi melalui ukurannya dengan menggunakan elektroforesis gel agarosa. Gel agarosa adalah suatu bahan semi-padat berupa polisakarida yang diekstraksi dari rumput laut. Gel agarosa dibuat dengan melarutkannya dalam suatu buffer, agar dapat larut dengan baik, pelarutannya dibantu dengan pemanasan, misalnya menggunakan *microwave oven*. Gel akan berupa larutan dalam keadaan panas sehingga mudah dituang ke atas suatu lempeng (plate) yang biasa terbuat dari *perspex*. Sebelum mendingin dan memadat, pada ujung gel dibuat lubang-lubang dengan menggunakan lembaran *perspex* tipis yang dibentuk menyerupai sisir. Sisir tersebut ditancapkan pada salah satu ujung gel yang masih cair. Dengan demikian pada waktu gel memadat dan sisirnya diambil maka terbentuklah lubang-lubang kecil. Kedalam lubang-lubang kecil itulah sampel molekul DNA dimasukkan. Gel agarosa yang sudah terbentuk kemudian dimasukkan kedalam tanki yang berisi buffer yang sama dengan yang digunakan untuk membuat gel. Setelah DNA dimasukkan kedalam lubang sampel, arus listrik

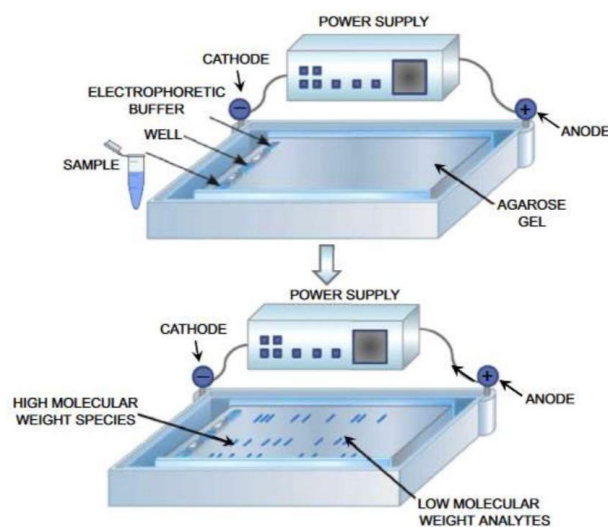
dialirkan. Kutub yang sejajar dengan lubang sampel DNA berupa kutub negatif, sedangkan kutub lainnya positif (Yuwono, 2005).

Adanya gugus fosfat pada DNA menyebabkan DNA bermuatan negatif sehingga posisi sumur gel agarosa diletakkan di area kutub elektroda negatif pada wadah elektroforesis. Saat aliran listrik mengalir dalam gel agarosa, DNA akan bergerak ke arah kutub elektroda positif. Pergerakan kecepatan DNA dalam gel agarosa dipengaruhi oleh ukuran dari fragmen DNA. Fragmen DNA yang berukuran kecil akan cepat bergerak menuju kutub elektroda positif dikarenakan molekul DNA akan mudah melewati pori – pori gel agarosa sedangkan fragmen DNA yang berukuran besar akan melambat bergerak menuju kutub elektroda positif dikarenakan hambatan dari pori – pori gel agarosa yang kecil (Adhiyanto et al., 2020).

Gel agarosa dapat digunakan untuk memisahkan DNA berukuran lebih dari 100 bp, sedangkan untuk memisahkan DNA dengan ukuran lebih pendek dapat digunakan gel poliakrilamid. Gel agarosa merupakan fase diam dalam pemisahan fragmen DNA, konsentrasi agarosa yang digunakan dalam pemisahan fragmen DNA sangat mempengaruhi mobilitas fragmen DNA, semakin besar konsentrasi agarosa yang digunakan maka semakin kecil pori-pori gel, dan semakin kecil konsentrasi agarosa maka semakin besar pori-pori gel. Metode elektroforesis pada prinsipnya melibatkan fase stasioner yang berupa gel agarosa dan fase gerak berupa buffer. DNA yang akan dielektroforesis pada umumnya dicampur dengan *loading dye* yang berfungsi untuk mengontrol mobilitas elektroforesis, *loading dye* bermigrasi bersama molekul DNA selama proses *running* elektroforesis. Bromphenol blue dan xylene cyanol merupakan jenis *loading dye* yang umum digunakan dalam elektroforesis DNA, bromphenol blue dapat bermigrasi bersama molekul DNA berukuran 0,5 kb sedangkan xylene cyanol dapat bermigrasi bersama molekul DNA berukuran 5 kb (Jannah et al., 2021).

Kelebihan dari gel agarosa adalah mampu memisahkan DNA mulai dari 70 pb (pasangan basa) hingga 800.000 pb dan lokasi DNA pada gel dapat diamati secara insitu dengan menggunakan staining gel sebagai pewarna. Staining gel akan menginterkalasi (menyisip ke dalam) DNA. Penggunaan

staining gel bertujuan untuk membantu visualisasi, dimana staining gel akan memancarkan sinar ultraviolet. Jika gel disinari dengan ultraviolet dari bawah maka akan tampak pendaran berupa pita – pita pada gel (Andalia, 2023). Faktor yang mempengaruhi laju migrasi DNA pada gel agarosa antara lain ukurna fragmen DNA, konformasi DNA, besarnya arus listrik, konsentrasi dan jenis gel, lamanya waktu elektroforesis, serta komposisi buffer yang digunakan (Primandiri et al., 2020).



Sumber : Andalia, 2023

Gambar 2. 8 Tahapan Elektroforesis Gel Agarosa

5. Buffer Elektroforesis Gel Agarosa

Elektroforesis makromolekul membutuhkan matriks penyangga untuk mencegah difusi yang dapat terjadi akibat timbulnya panas yang dihasilkan oleh arus listrik yang digunakan. Gel polisakarida dan gel agarosa merupakan matriks penyangga yang banyak digunakan untuk pemisahan protein dan asam nukleat. Larutan bufer berperan sebagai media pendukung yang dapat mempengaruhi kecepatan gerak senyawa karena ion pembawanya bermuatan. Kekuatan ion yang tinggi dalam bufer akan meningkatkan panas sehingga aliran listrik menjadi maksimal, dan dapat mempercepat gerakan molekul pada sampel Fungsi dari buffer pada elektroforesis adalah mengaktifkan DNA,

menjaga pH dan memberikan ion untuk mendukung konduktivitas (Fuad et al., 2016).

Elektroforesis gel terdapat dua material dasar yang disebut fase diam dan fase bergerak (eluen). Fase diam berfungsi menyaring objek yang akan dipisah, sementara fase bergerak berfungsi membawa objek yang akan dipisah, pada fase bergerak akan ditambahkan larutan penyangga (buffer) untuk menjaga kestabilan objek elektroforesis gel (Adhiyanto et al., 2020).

a. Buffer TAE (*Tris-acetate EDTA*) dan TBE (*Tris-Borate-EDTA*)

Buffer TAE dan TBE merupakan buffer yang paling umum digunakan dalam elektroforesis gel agarosa. Buffer TAE tersusun atas Tris-base, Asam asetat, dan EDTA sedangkan buffer TBE tersusun atas Tris-base, Borat, dan EDTA. Buffer TAE sangat cocok untuk elektroforesis gel terendam, karena memerlukan waktu singkat pada gradien tegangan relatif tinggi tanpa pemanasan berlebih namun TAE memiliki kapasitas buffer yang lebih rendah dibanding buffer TBE sehingga memerlukan resirkulasi buffer pada elektroforesis yang lama jika dua tangki elektroforesis digunakan. Dari segi harga TBE biasanya lebih mahal dibanding TAE dan memiliki kapasitas buffer yang lebih tinggi, voltase yang digunakan untuk running antara TAE dan TBE hampir mirip, akan tetapi TAE bermigrasi 10% lebih cepat dibanding dengan TBE. Buffer TBE memberikan hasil pemisahan yang lebih baik daripada buffer TAE terutama untuk fragmen DNA kurang dari 1 kb, tetapi buffer ini dapat dengan mudah menghasilkan elektroosmosis tinggi selama elektroforesis dan memiliki laju pemulihan DNA yang lebih rendah (Mursyidin, 2024).

b. SupperBuffer

Terdapat berbagai jenis buffer elektroforesis yang kurang umum digunakan, namun memiliki kinerja yang baik dan persiapan yang lebih sederhana, serta menggunakan reagen yang lebih mudah didapat dibandingkan dua buffer yang paling sering digunakan salah satunya yang dikenal dengan SupperBuffer (Al-Daim, 2023). Kandungan SupperBuffer terdiri dari NaOH, Asam borat dan Aquabidest, SupperBuffer merupakan buffer elektroforesis yang sederhana, ekonomis, dan efektif. Tegangan SupperBuffer dapat mencapai 20–25 V/cm, resolusi dan efisiensi pemulihan DNA lebih tinggi daripada

buffer TAE/TBE, dan dapat digunakan sepenuhnya dalam elektroforesis gel agarosa umum. Buffer ini bisa digunakan kembali sebanyak 5 kali dalam kondisi yang sama (Zhang et al., 2011). Kandungan borat pada buffer ini bertindak sebagai *conducting* ion sehingga dapat mempertahankan keseimbangan ion H^+ dan OH^- yang dihasilkan oleh elektrode, hal ini berhubungan dengan fungsi buffer dalam menjaga kesetimbangan pH saat migrasi fragmen DNA berlangsung, perubahan pH dapat mendenaturasi struktur DNA sehingga merubah elektromobilitas DNA (Dwynda & Zainul, 2018).

6. Pewarna GelRed

Pewarnaan DNA merupakan proses penting dalam elektroforesis gel agarosa, yang berfungsi untuk memvisualisasikan pita DNA hasil proses amplifikasi melalui teknik PCR. elektroforesis dapat divisualisasi dengan menggunakan pewarna. GelRed adalah senyawa interkalator DNA yang mengikat pada basa nitrogen DNA. Ketika diberi sinar UV di mesin illuminator, maka GelRed yang mengikat DNA ini bisa berpendar jadi warna merah. GelRed juga ditambahkan sebelum memasukkan DNA ke well. Gel red memiliki beberapa kelebihan dibanding EtBr, yaitu bersifat *non mutagenic*, dan *non cytotoxic*, lulus uji keamanan lingkungan sehingga dapat langsung dibuang ke saluran pembuangan, lebih sensitif dibanding EtBr, stabil dalam suhu ruang untuk penyimpanan jangka panjang, dan mudah dalam penggunaannya karena prosedurnya yang sederhana (Biotium Inc, 2018)

GelRed adalah pewarna fluoresen yang digunakan untuk visualisasi asam nukleat, seperti DNA dan RNA, dalam gel agarosa atau poliakrilamida. Dikembangkan sebagai alternatif yang lebih aman dan sensitif dibandingkan etidium bromida (EtBr), GelRed adalah zat pewarna DNA tipe *bis-intercalator* yang terdiri dari 2 molekul *etidium bromida* yang dihubungkan oleh *spacer* oksigen sehingga struktur ini memungkinkan GelRed untuk memiliki 2 bagian yang bisa menyisip diantara basa DNA, sehingga mampu mengikat lebih banyak DNA dibandingkan EtBr. Hal ini sejalan dengan klaim produsen bahwa GelRed memiliki sensitivitas yang lebih tinggi dalam elektroforesis dibandingkan EtBr. Gel red dapat menghasilkan sinyal

fluoresensi yang lebih kuat karena jumlah DNA yang terikat lebih banyak, sehingga meningkatkan kontras dan ketajaman visualisasi pita DNA (Crisafulli et al., 2015).

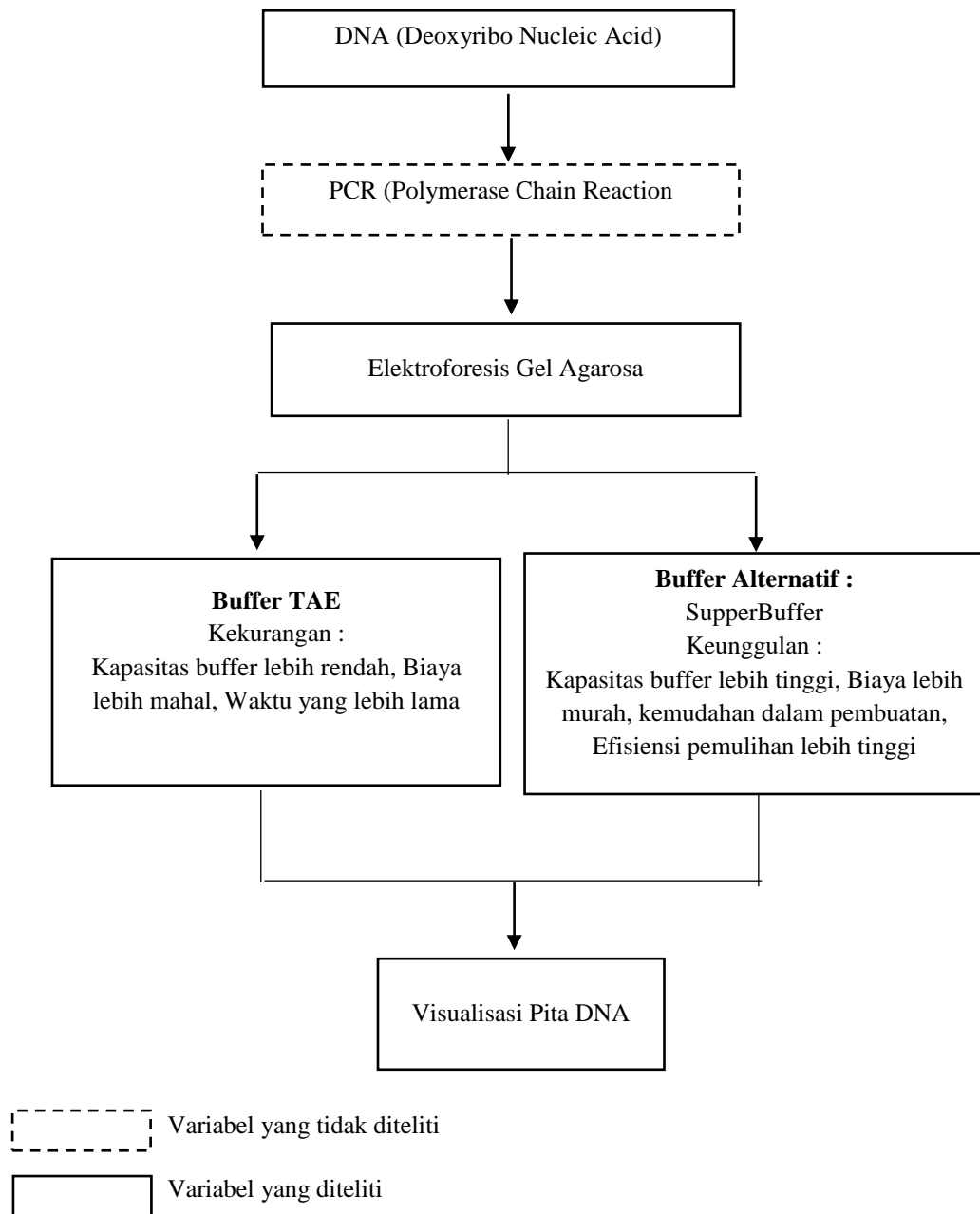
Penggunaan ke dalam gel sebelum pengecoran (precast) atau dengan merendam gel setelah elektroforesis (post-staining). Kedua metode ini efektif, namun post-staining sering direkomendasikan untuk menghindari potensi pengaruh pewarna terhadap migrasi DNA. GelRed dapat digunakan untuk penentuan ukuran fragmen DNA secara akurat dalam elektroforesis gel agarosa tanpa mengubah mobilitas elektroforetik DNA. Dengan berbagai keunggulan tersebut, GelRed menjadi pilihan yang lebih aman dan efektif untuk visualisasi DNA dalam berbagai aplikasi Biologi Molekuler (Nataprawira et al., 2022).

7. Visualisasi Pita DNA

Visualisasi pita DNA menggunakan UV Transluminator, kemudian hasilnya akan didokumentasikan menggunakan kamera hp, dengan skor visual sebagai berikut :

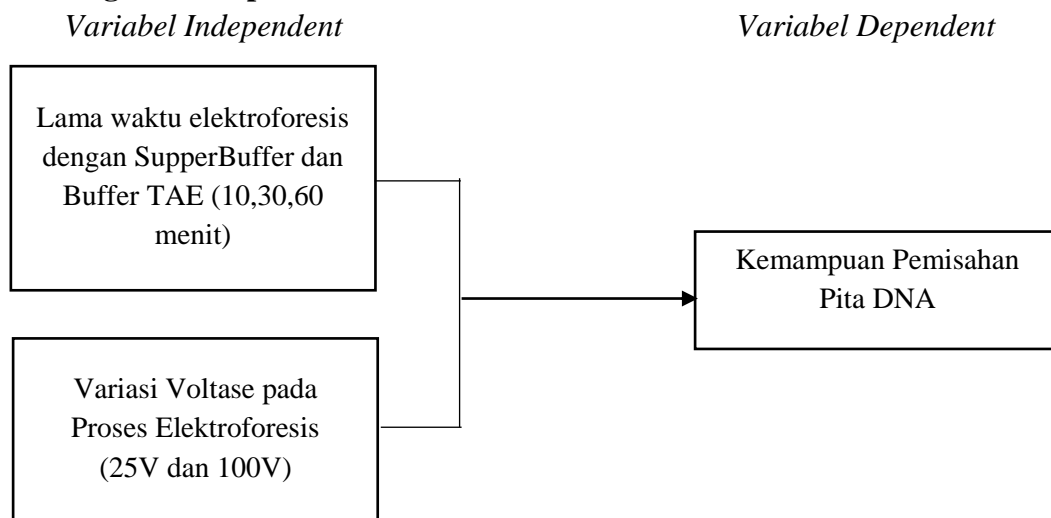
Skor	Kategori	Kriteria Visual
1	Tidak Jelas	Pita terlihat namun belum terpisah
2	Buram	Pita terlihat tetapi pemisahannya buram, tampak masih menyatu antar pita
3	Cukup Jelas	Pita terlihat terang dan terpisah namun masih rapat tetapi masih bisa dibedakan antar pita
4	Jelas	Pita terlihat terang dan tajam, dan terpisah jelas antar pita

B. Kerangka Teori



Gambar 2.9 Kerangka Teori

C. Kerangka Konsep



Gambar 2.10 Kerangka Konsep

D. Hipotesis

- H_0 : Tidak ada perbedaan yang signifikan dalam kemampuan pemisahan pita DNA yang menggunakan larutan SuperBuffer dengan buffer TAE pada proses elektroforesis berdasarkan variasi lama waktu dan voltase elektroforesis.
- H_a : Ada perbedaan yang signifikan dalam kemampuan pemisahan pita DNA yang menggunakan larutan SuperBuffer dengan buffer TAE pada proses elektroforesis berdasarkan variasi lama waktu dan voltase elektroforesis.