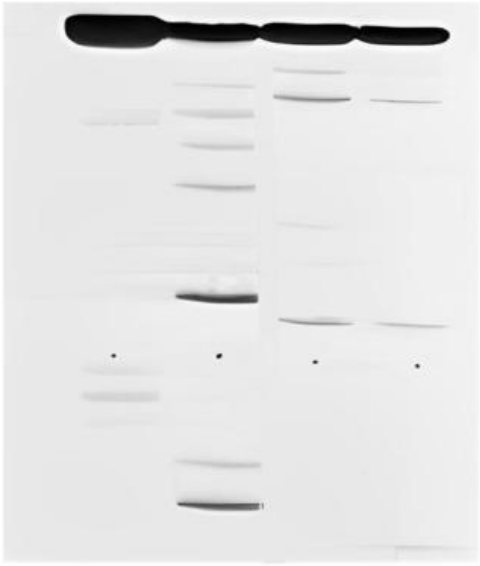
Instrumen Tes Keterampilan Berpikir Komputasional Konsep Genetika

Nama	:	Hari, Tanggal	:
Jenis Kelamin	:	Asal Sekolah	:
Usia	:	Kelas	:

Petunjuk Umum:
1. Bacalah setiap situasi dan soal dengan teliti
2. Pilihlah jawaban yang tepat
3. Jumlah soal sebanyak 20, tiap butir soal memiliki empat pilihan jawaban
4. Waktu pengerjaan soal 100 menit
5. Tidak diperbolehkan menggunakan kalkulator, HP, atau alat bantu lainnya dalam menjawab soal.

Situasi 1: Substansi Genetika

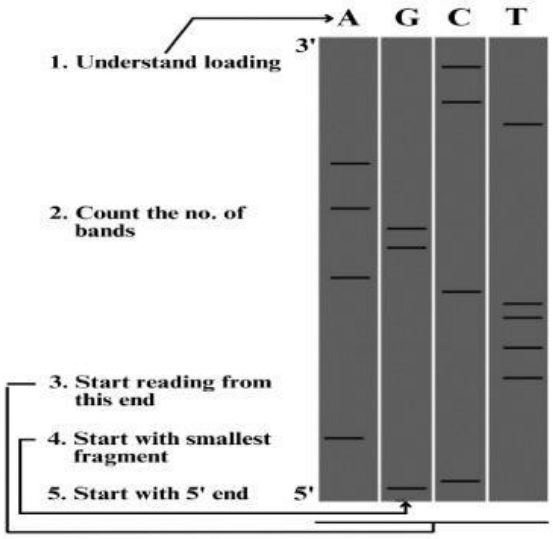
Agus sedang melakukan penelitian di laboratorium untuk melihat sekuens DNA berdasarkan hasil analisis teknik *Polymerase Chain Reaction* (PCR) dan elektroforesis gel poliakrilamid pada sampel DNA. Hasil teknik tersebut terlihat pada gambar 1.1.



Gambar 1.1 Hasil Elektroforesis Gel Poliakrilamid [Sumber: Van *et al*., 2013]

Salah satu metode yang dapat digunakan Agus untuk membaca dan menentukan urutan basa nukleotida pada molekul DNA hasil elektroforesis gel poliakrilamid adalah dengan metode *Sanger.* Metode *Sanger sequencing* mengacu pada terminasi prematur dari sintesis DNA yang menggunakan dideoxynucleotide (ddNTPs) sebagai terminator. Tahapan metode *Sanger* terlihat pada gambar 1.2.

LIVEWORKSHEETS



Gambar 1.2 Tahapan Teknik *Sanger* [Sumber: Chauhan, 2023]

Hasil pembacaan dengan teknik *Sanger* pada hasil elektroforesis gel poliakrilamid akan menghasilkan satu untai DNA tunggal. Namun, Agus ingin membuat untai DNA kompleks (DNA *double helix*) sehingga ia perlu membuat salinan untai DNA yang merupakan pasangan dari untai DNA tunggal hasil pembacaan teknik *Sanger*.

Jawablah soal nomor 1-4 berdasarkan situasi 1!

1. Terdapat beberapa pernyataan berkaitan dengan situasi 1, antara lain:
   1) Hasil elektroforesis DNA
   2) Komponen penyusun nukleotida
   3) Jenis basa purin dan pirimidin serta pasangannya
   4) Sekuens DNA hasil pembacaan teknik *Sanger*

   Apa saja informasi yang bisa diuraikan dari masalah pada situasi 1 untuk membantu Agus mengetahui pasangan basa nukleotida dari hasil pembacaan teknik *Sanger* pada elektroforesis gel poliakrilamid?

   a. 1), 2), dan 3)
   b. 2), 3), dan 4)
   c. 1), 3), dan 4)
   d. 1), 2), dan 4)

2. Basa nukleotida pada gambar 1.2 adalah 5’ GCATTTTCAGGAATCC 3’. Tuliskan basa nukleotida pada gambar 1.1!

   a. TGGAAACGGGCGGAGCGC
   b. TGGAACGGGCGGAGCGCC
   c. TGGAAACGGGCGGAGTGC
   d. TGGAACGGGCGGAGCGCC

3. Jika basa nukleotida hasil pembacaan teknik *Sanger* berjumlah 18, berapa jumlah asam amino yang akan terbentuk?

   a. Lima
   b. Enam
   c. Tujun
   d. Delapan

LIVEWORKSHEETS

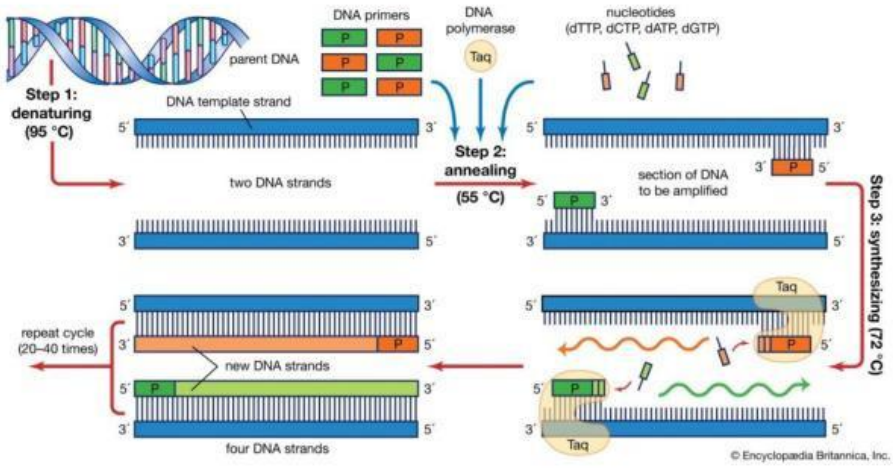
4. Terdapat beberapa pernyataan berkaitan dengan situasi 1, antara lain:
   1) Menggambar struktur DNA *double helix* yang kompleks
   2) Pemisahan DNA dari komponen seluler lain
   3) Pengambilan sampel DNA
   4) Menghitung jumlah basa nitrogen yang berhasil dianalisis
   5) Memperbanyak DNA (PCR) serta mengidentifikasi dan menyajikan fragmen DNA (elektroforesis DNA)
   6) *Sekuensing* DNA dengan metode *Sanger*

   Bagaimana langkah-langkah yang harus dilakukan oleh Agus untuk menggambarkan struktur DNA *double helix* yang kompleks?

   a. 3), 2), 5), 4), 6) dan 1)
   b. 3), 5), 6), 2), 4), dan 1)
   c. 3), 5), 2), 6), 4) dan 1)
   d. 3), 2), 5), 6), 4), dan 1)

Situasi 2: Replikasi DNA

Replikasi DNA adalah proses perbanyakan DNA yang terjadi selama fase S (sintesis) siklus sel. Seiring perkembangan teknologi, perbanyakan DNA dapat dilakukan dengan metode *Polymerase Chain Reaction* (PCR), yaitu penggandaan sekuens DNA tertentu pada sampel darah, liur, atau jaringan tubuh lainnya. PCR berperan dalam dunia medis, yaitu deteksi penyakit keturunan, identifikasi sidik jari genetik, kloning gen, dan lain-lain.



Gambar 2.1 Tahapan PCR [Sumber: Ensiklopedia Britannica, 2024]

Indah, seorang mahasiswi Pendidikan Biologi akan melakukan metode PCR untuk pertama kalinya. Ia mempelajari *step by step* PCR berdasarkan gambar di atas untuk mengetahui diversitas fungi endofit dari sedostem batang pisang. Dari

LIVEWORKSHEETS

sumber yang Indah baca, tahapan penting dalam PCR adalah suhu yang harus tepat pada tahap denaturasi, annealing, dan elongasi. Ketiga tahapan tersebut disebut dengan siklus. Siklus pertama metode PCR akan menghasilkan dua DNA *double strand*. Selang beberapa menit kemudian (kurang lebih 11 menit), siklus kedua metode PCR akan kembali berjalan dan menghasilkan empat DNA *double strand*. Dengan pola perbanyakan sekuens DNA tersebut, Indah berencana akan *memulai* membuat salinan DNA sebanyak 256 untuk memenuhi data penelitiannya.

Jawablah soal nomor 5-8 berdasarkan situasi 2!

5. Berdasarkan situasi 2, cara yang tidak tepat untuk mewujudkan target Indah memenuhi data penelitiannya dalam melakukan metode PCR adalah ....
   a. Banyaknya siklus PCR yang dilakukan
   b. Waktu yang dibutuhkan selama PCR
   c. Sampel dan alat bahan PCR yang disiapkan
   d. Perubahan suhu pada proses PCR
6. Identifikasilah tabel di bawah ini untuk membantu Indah mengetahui pola penggandaan DNA dengan metode PCR sehingga ia dapat memperoleh jumlah data yang diperlukan pada penelitiannya!

a. Tabel A

Siklus ke-	Jumlah Salinan DNA
1	2
2	4
3	8
4	16
5	32
6	64
7	128
8	256

b. Tabel B

Siklus ke-	Jumlah Salinan DNA
1	2
2	4
3	16
4	256

c. Tabel C

Siklus ke-	Jumlah Salinan DNA
1	2
2	4
3	16
4	32
5	64
6	128
7	256
8	512

d. Tabel D

Siklus ke-	Jumlah Salinan DNA
1	2
2	4
3	32
4	256

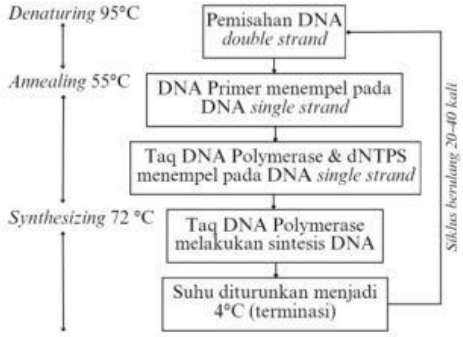
LIVEWORKSHEETS

7. Jika n adalah banyaknya siklus pada tahap *Polymerase Chain Reaction* (PCR), rumus matematis untuk menentukan banyaknya salinan sekuens DNA pada penelitian yang dilakukan Indah adalah ....

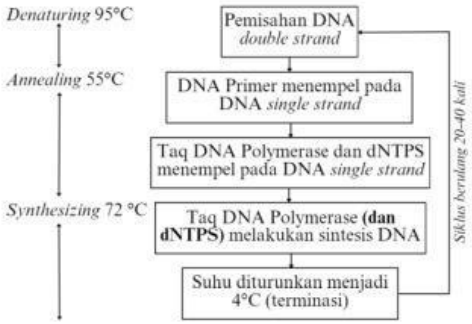
   a. $2^n - 2n$
   b. $2^n - n$
   c. $2n$
   d. 2^n

8. Berdasarkan situasi 2, manakah bagan yang menunjukkan tahapan *Polymerase Chain Reaction* (PCR) pada penelitian Indah?

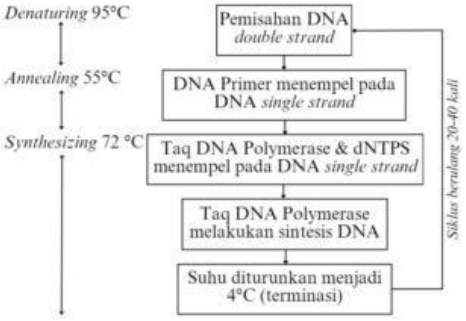
   a. Bagan A



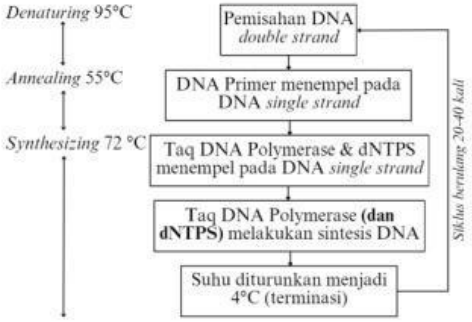
   b. Bagan C



   c. Bagan B



   d. Bagan D



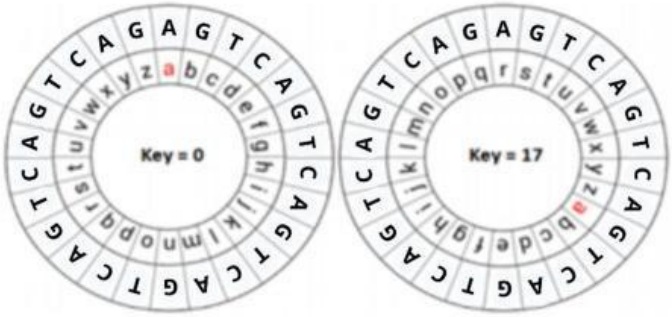
Situasi 3: Sintesis Protein

Seorang dokter membuat roda sandi untuk menyimpan salinan sekuens DNA beberapa sampel individu untuk kepentingan medis. Roda sandi tersebut bersifat rahasia dan setiap individu memiliki enkodenya masing-masing. Roda sandi bekerja sedemikian rupa sehingga hanya bagian dalam (dengan huruf kecil) saja yang dapat diputar. Roda luar untuk sekuens DNA yang sebenarnya.

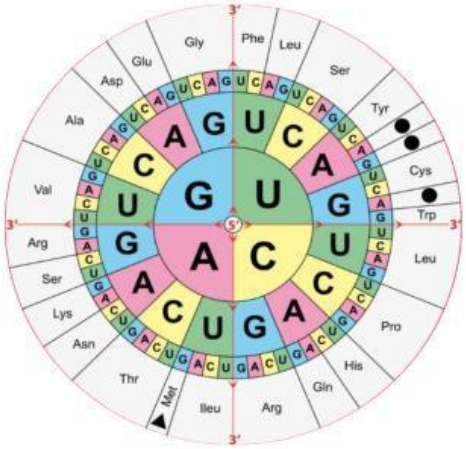
Seperti pada gambar 3.1 (kiri), ketika kuncinya adalah 0, 'A' dienkode sebagai 'a'. Sementara gambar 3.1 (kanan) menunjukkan bahwa ketika kunci adalah 17 (roda bagian dalam diputar 17 posisi berlawanan arah jarum jam), 'A'

LIVEWORKSHEETS

dienkode sebagai ‘r’. Dengan kunci yang sama (17), kita dapat menyandikan sekuens DNA 5’ ATGGCAGGGGAAGTGC 3’ sebagai ‘dna muhammad rafik’. Sementara itu, gambar 3.2 menampilkan kode genetik untuk menentukan jenis asam amino.



Gambar 3.1 Roda Sandi Sekuens DNA: kiri (kunci 0), kanan (kunci 17) [Sumber: Dokumen Pribadi]



Gambar 3.2 Kode Genetik Asam Amino [Sumber: Subhash, 2023]

Ketika enkode dimasukkan berdasarkan kunci, akan didapatkan sekuens DNA (roda bagian luar) sehingga sekuens tersebut dapat digunakan untuk menentukan urutan asam amino yang menyusun tubuh seseorang.

Jawablah soal nomor 9-12 berdasarkan situasi 3!

9. Terdapat beberapa pernyataan berkaitan dengan masalah pada situasi 3, yaitu:
   1) Enkode pada roda sandi
   2) Kunci pada roda sandi
   3) Jumlah putaran pada roda sandi
   4) Sekuens DNA dan mRNA
   5) Kode genetik set lengkap
   6) Sekuens asam amino → protein

   Informasi apa yang dapat digunakan untuk mengetahui sekuens DNA dan asam amino yang menyusun seseorang dari roda kunci di atas?

   a. 1), 2), 3), dan 4)
   b. 3), 4), 5), dan 6)
   c. 1), 2), 4), dan 6)
   d. 1), 3), 5), dan 6)

10. Dengan kunci yang sama pada situasi 3, tuliskan sekuens DNA dari enkode ‘saya menyukai genetika’!

    a. GGCG GGTCCCGG CGTGTGCG
    b. GGCG GGTCCCAA CGTGTGCG
    c. GTAG GGTCCCGG CGTGTGCG
    d. GTAG GGTCCCGG CTTGTGAG

LIVEWORKSHEETS

11. Jika kunci roda sandi diatur ke 13 (roda DNA disalin oleh mRNA), basa stop kodon dienkode sebagai .... (basa stop kodon berurutan searah jarum jam).

a. cei, cef, cfi
b. bdh, bde, heb
c. bdh, bde, beh
d. acg, acd, adg

12. Suatu hari, seorang pasien ingin mengetahui sekuens DNA miliknya untuk dicocokkan dengan kerabat terdekat. Dokter pun memberikan enkode bertuliskan 'dna andi hermawan' dengan kunci roda sandi diatur ke 15. Identifikasilah tabel berikut yang menunjukkan langkah sistematis untuk mengetahui sekuens DNA sang pasien beserta asam amino yang dimilikinya!

a. Tabel A

DNA Template	3' GCTTCGTGTGTTTTC 5'						
	Transkripsi						
mRNA (kodon)	5' CGAAGCACACAAAAG 3'						
	Translasi						
tRNA (antikodon)	5' GCU UCG UGU GUU UUC 3'						
Asam Amino		Ala	Ser	Cys	Val	Phe	

b. Tabel B

DNA Template	3' TACCATCTCTCCCCA 5'						
	Transkripsi						
mRNA (kodon)	5' AUGGUAGAGAGGGGU 3'						
	Translasi						
tRNA (antikodon)	5' UAC CAU CUC UCC CCA 3'						
Asam Amino		Tyr	His	Leu	Ser	Pro	

c. Tabel C

DNA Template	3' CGAAGCACACAAAAG 5'						
	Transkripsi						
mRNA (kodon)	5' GCUUCGUGUGUUUUC 3'						
	Translasi						
tRNA (antikodon)	5' CGA AGC ACA CAA AAG 3'						
Asam Amino		Arg	Ser	Thr	Gln	Lys	

d. Tabel D

DNA Template	3' TACCATCTCTCCCCA 5'						
	Transkripsi						
mRNA (kodon)	5' AUGGUAGAGAGGGGU 3'						
	Translasi						
tRNA (antikodon)	5' UAC CAU CUC UCC CCA 3'						
Asam Amino		Tyr	Gln	Leu	Ser	Pro	

LIVEWORKSHEETS

Situasi 4: Hukum Mendel

Andi merupakan petani cabai sukses yang mengelola lahan perkebunan hingga 5.000 m^2. Suatu hari, Andi mencoba menyilangkan cabai merah (homozigot dominan) dengan cabai hijau (homozigot resesif) sehingga menghasilkan keturunan pertama cabai merah semua. Andi kemudian menyilangkan sesama keturunan pertama dan menghasilkan menghasilkan keturunan kedua sebanyak 12.440 cabai.

Suatu hari teman Andi merasa kagum dengan hasil keturunan pertama pada persilangan cabai merah dan cabai hijau. Teman Andi kemudian ingin memborong semua hasil keturunan kedua dari persilangan sesama keturunan pertama. Pesanan tersebut antara lain 3.250 cabai bersifat homozigot dominan, 3.550 cabai bersifat heterozigot, 2.590 cabai dengan satu sifat beda, dan 3.050 cabai bersifat homozigot resesif.

Jawablah soal nomor 13-17 berdasarkan situasi 4!

13. Berdasarkan masalah pada situasi 4, manakah dari pernyataan berikut yang *bukan* merupakan informasi yang dapat diuraikan untuk membantu Andi menjawab permintaan pesanan temannya?
    a. Menghitung jumlah yang tersedia saat ini dengan jumlah pesanan
    b. Fenotip yang muncul hasil persilangan sesama keturunan pertama
    c. Frekuensi fenotip/genotip hasil persilangan sesama keturunan pertama
    d. Jumlah setiap sifat hasil persilangan sesama keturunan pertama
14. Jika hasil persilangan sesama keturunan pertama adalah 14.440 cabai, identifikasilah tabel berikut sesuai pola persilangan pada situasi 4!

a. Tabel A

Genotip	AA	Aa	aa
Jumlah	7220	3610	3610

b. Tabel B

Genotip	AA	Aa	aa
Jumlah	4810	4820	4810

c. Tabel C

Genotip	AA	Aa	aa
Jumlah	3610	7220	3610

d. Tabel D

Genotip	AA	Aa	aa
Jumlah	3610	3610	7220

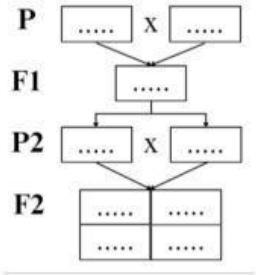
15. Keturunan pertama persilangan antara cabai merah dan cabai hijau adalah 100% cabai merah. Pernyataan yang tepat untuk menjelaskan fenomena tersebut adalah ....

LIVEWORKSHEETS

a. Gamet dari cabai merah adalah h dan gamet dari cabai hijau H sehingga menghasilkan sifat heterozigot
b. Gabungan gamet parental bersifat heterozigot sehingga menghasilkan sifat dominan
c. Sifat parental cabai merah lebih dominan sehingga mengalahkan sifat resesif cabai hijau
d. Genotip keturunan pertama sama dengan genotip parental cabai merah sehingga berwarna merah

16. Andi membuat suatu kode untuk memudahkan penamaan pada persilangan pohon cabai yang dilakukan.

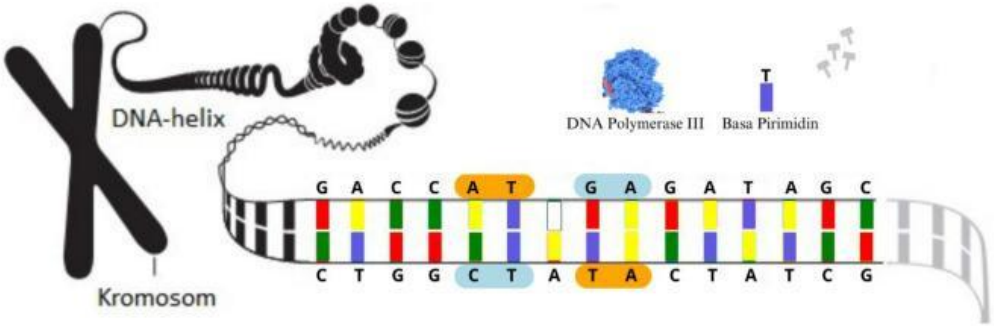
H	Cabai merah homozigot dominan	h	Cabai hijau homozigot dominan
C	Cabai merah homozigot resesif	c	Cabai hijau homozigot resesif
L	Cabai merah heterozigot	l	Cabai hijau heterozigot



Susunlah kode yang harus Andi tulis untuk mengurutkan langkah pada model persilangan sesuai kasus pada tanaman cabainya!

a. c x H → l → l x l → h, l, L, C
b. H x c → L → L x L → H, L, l, c
c. c x H → l → l x l → h, l, l, C
d. H x c → L → L x L → H, L, L, c

Situasi 5: Mutasi



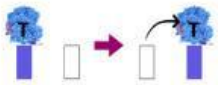
Gambar 5.1 Struktur DNA [Sumber: Dokumen Pribadi]

Berdasarkan gambar, terdapat kesalahan dalam menyusun pasangan basa nitrogen. DNA-P3 yang berada tepat di sampingnya bertugas untuk memperbaiki

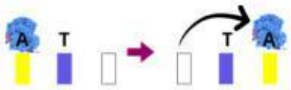
LIVEWORKSHEETS

untai DNA tersebut. Berarti, DNA-P3 harus dapat memindahkan dua basa nitrogen di kiri ke kanan dan dua basa nitrogen di kanan ke kiri sesuai pasangannya. Hasil pengamatan Anisa menunjukkan bahwa:

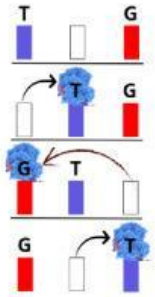
1. Tiap basa nitrogen di kiri hanya bisa berpindah ke kanan dan tiap basa nitrogen di kanan hanya bisa berpindah ke kiri



2. Tiap basa nitrogen hanya bisa berpindah ke tempat yang kosong, atau dapat juga berpindah melewati satu basa nitrogen lain ke tempat yang kosong.



Anisa mengamati situasi ini dan berhasil menghitung jumlah langkah dan lompatan minimum yang dapat dilakukan DNA-P3. Tabel di bawah ini menunjukkan hasil identifikasi Anisa jika hanya terdapat satu basa nitrogen di kiri dan satu basa nitrogen di kanan dengan satu buah tempat basa nitrogen yang tidak terisi (gambar di samping).



Jumlah Basa Nitrogen		Jumlah Tempat Basa Nitrogen	Jumlah Langkah Minimum	Jumlah Lompatan Minimum	Total Gerakan Minimum
Kiri	Kanan				
1	1	3	2	1	2 + 1 = 3

Jawablah soal nomor 17-20 berdasarkan situasi 5!

17. Terdapat beberapa pernyataan berkaitan dengan masalah pada situasi 5, yaitu:
    1) Perubahan basa purin menjadi pirimidin, atau sebaliknya
    2) Perubahan asam amino terkait
    3) Perubahan basa nitrogen sejenis
    4) Tidak mempengaruhi asam amino terkait

    Apa saja informasi yang dapat diuraikan untuk mengetahui penyebab mutasi gen yang terjadi pada situasi 5!

    a. 1) dan 2)
    b. 1) dan 3)
    c. 2) dan 3)
    d. 2) dan 4)

18. Berdasarkan situasi 5, identifikasilah tabel yang menunjukkan pola total gerakan minimum yang bisa dilakukan DNA-P3!

LIVEWORKSHEETS

a. Tabel A

Jumlah Basa Nitrogen		Jumlah Tempat Basa Nitrogen	Jumlah Langkah Minimum	Jumlah Lompatan Minimum	Total Gerakan Minimum
Kiri	Kanan				
1	1	3	2	1	3
2	2	4	3	3	6
3	3	5	4	7	11

b. Tabel B

Jumlah Basa Nitrogen		Jumlah Tempat Basa Nitrogen	Jumlah Langkah Minimum	Jumlah Lompatan Minimum	Total Gerakan Minimum
Kiri	Kanan				
1	1	3	2	1	3
2	2	5	3	4	7
3	3	7	4	8	12

c. Tabel C

Jumlah Basa Nitrogen		Jumlah Tempat Basa Nitrogen	Jumlah Langkah Minimum	Jumlah Lompatan Minimum	Total Gerakan Minimum
Kiri	Kanan				
1	1	3	2	1	3
2	2	5	4	4	8
3	3	7	6	9	15

d. Tabel D

Jumlah Basa Nitrogen		Jumlah Tempat Basa Nitrogen	Jumlah Langkah Minimum	Jumlah Lompatan Minimum	Total Gerakan Minimum
Kiri	Kanan				
1	1	3	2	1	3
2	2	5	4	5	9
3	3	7	6	9	15

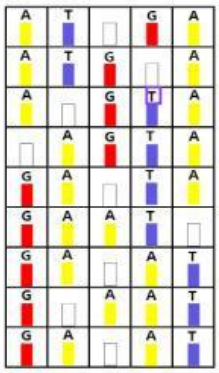
19. Peristiwa yang terjadi berdasarkan situasi 5 merupakan mutasi gen yang menyebabkan perubahan struktur basa nitrogen sehingga tidak sesuai dengan pasangan basa nitrogennya. Penyebab mutasi gen tersebut adalah ....

a. Transisi
b. Transversi
c. Translokasi
d. Inversi

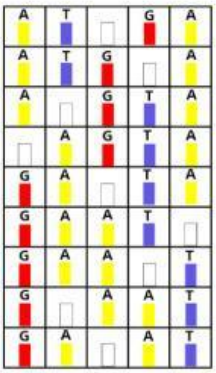
20. Manakah dari gambar berikut yang merupakan langkah perpindahan basa nitrogen oleh DNA-P3 agar basa nitrogen tersebut berada sesuai dengan pasangannya sesuai aturan berdasarkan pengamatan Anisa!

LIVEWORKSHEETS

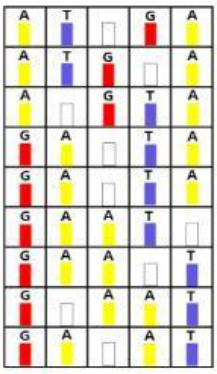
a. Gambar A



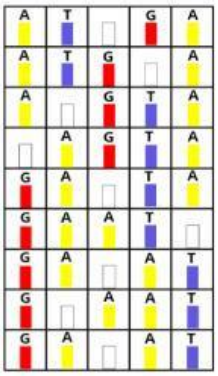
c. Gambar C



b. Gambar B



d. Gambar D



Sumber:

Chauhan, T. (2023). *A Step-by-Step Process on How to Read Sanger Sequencing Gel?* Diakases dari https://geneticeducation.co.in/how-to-read-sanger-sequencing-gel/ pada Sabtu, 27 Januari 2024 pk. 20.08 WIB.

Ensiklopedia Britannica. (2024). *Polymerase Chain Reaction*. Diakses dari https://www.britannica.com/science/polymerase-chain-reaction pada Minggu, 17 Maret 2024 pk. 14.24 WIB.

Subhash, K. (2023). *Your Genetic Code Has Lots of "Words" for the Same Thing—Information Theory May Help Explain the Redundancies*. Diakses dari https://phys.org/news/2023-07-genetic-code-lots- words-thinginformation.html pada Rabu, 03 April 2024 pk. 14.25 WIB.

Van, K., Rastogi, K., Kim, K. H., & Lee, S. H. (2013). Next-Generation Sequencing Technology for Crop Improvement. *SABRAO Journal of Breeding and Genetics*, *45*(1), 84–99.

LIVEWORKSHEETS