

PENUNTUN DAN LEMBAR KERJA PRAKTIKUM

GENETIKA DASAR



Disusun oleh :

Idha Susanti, M.Si

**PROGRAM STUDI BIOLOGI
FAKULTAS PERTANIAN, PERIKANAN, DAN BIOLOGI
UNIVERSITAS BANGKA BELITUNG**

2012

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah robbil alamin, Buku Pedoman Praktikum bagi mata kuliah Genetika Dasar (BIO 204) telah terselesaikan. Buku Pedoman Praktikum ini disusun pertama kalinya bagi peserta mata kuliah Genetika Dasar (BIO 204) dari Program Studi Biologi, Fakultas Pertanian, Perikanan dan Biologi, Universitas Bangka Belitung tahun akademik 2007-2008.

Buku Panduan Praktikum ini berpedoman pada kurikulum dan silabus Program Studi Biologi. Panduan Praktikum yang sekaligus berfungsi sebagai lembar kerja ini diharapkan akan memudahkan mahasiswa dalam pelaksanaan kegiatan praktikum. Sebagaimana karya tulis lainnya, panduan praktikum ini masih tidak lepas dari segala kekurangan. Untuk itu masukan berupa sumbangan ide dan saran, maupun kritik yang membangun diperlukan bagi perbaikan Buku ini pada edisi berikutnya. Semoga diwaktu yang akan datang Buku ini dapat terus diperbaiki dan ditingkatkan kualitasnya.

Sungailiat, Juli 2012

Penyusun

TATA TERTIB PELAKSANAAN PRAKTIKUM

A. Ketentuan Kedatangan dan Kuis

1. Praktikan harus hadir tepat waktu.
2. Sebelum praktikum dimulai praktikan diwajibkan mengikuti kuis praktikum.
3. Kuis praktikum dilaksanakan selama 10-15 menit.
4. Materi kuis adalah sesuai dengan acara praktikum yang akan dilaksanakan pada hari itu.
5. Praktikan yang terlambat datang tidak ada dispensasi untuk memperpanjang waktu pengerjaan kuis.
6. Praktikan yang terlambat lebih dari 15 menit tidak diperkenankan mengikuti praktikum kecuali dengan alasan yang bisa diterima.

B. Ketentuan Pembuatan Laporan Praktikum

1. Buku petunjuk praktikum berfungsi juga sebagai lembar kerja atau laporan praktikum.
2. Buku petunjuk dan lembar kerja praktikum dijilid dengan warna yang berbeda, sesuai kelompoknya masing-masing.
3. Buku petunjuk dan lembar kerja praktikum dikumpulkan setiap selesai praktikum, kecuali pada beberapa mata acara, laporan dapat dibuat di rumah.
4. Laporan praktikum dikerjakan dengan tulisan tangan.
5. Apabila lembar isian pada laporan kurang, praktikan dapat mengisinya pada lembar kosong dibelakangnya.
6. Kerapian laporan praktikum akan menambah point penilaian

C. Ketentuan Pelaksanaan Praktikum

1. Praktikan diwajibkan membawa bahan/alat yang disepakati bersama dosen praktikum sebelum acara praktikum bersangkutan dimulai.
2. Praktikan harus berpakaian rapi dan tertib (memakai sepatu, baju/kaos berkerah, dll)
3. Praktikan dilarang menghidupkan suara HP, menerima telf/SMS ataupun merokok selama praktikum berlangsung demi ketenangan pelaksanaan praktikum.
4. Praktikan dilarang melakukan hal yang tidak pantas selama praktikum berlangsung.

D. Ketentuan Penilaian

Nilai akhir Praktikum	
Kuis	= 15%
Laporan	= 35%
Responsi	= 20%
Ujian Praktikum	= 30%

DAFTAR ISI

No.	Materi Praktikum	Halaman
1.	Keanekaragaman pada Manusia.....	1
2.	Simulasi Percobaan Monohibrid Mendel.....	4
3.	Alel Ganda I.....	7
4.	Alel Ganda II.....	8
5.	Gen Ganda.....	11
6.	Penentuan Jumlah Sulus / Rigi Jari Tangan.....	15
7.	Gen-gen yang dipengaruhi Jenis Kelamin.....	17
8.	Isolasi DNA Buah.....	18
9.	Pembuatan Kariotipe Kromosom Manusia.....	20
10.	Pengujian Kesetimbangan Hardy Weinberg.....	26

I. KEANEKARAGAMAN PADA MANUSIA

Tujuan

1. Untuk mengetahui variasi sifat pada manusia khususnya sifat-sifat fisik.
2. Untuk mengetahui penyebaran sifat-sifat dan melihat persamaan sifat yang terbanyak dalam populasi kelas.

Landasan Teori

Tidak ada dua manusia yang tepat sama. Individu satu dengan lainnya mempunyai persamaan dan perbedaan sifat yang menurun, baik sifat kualitatif maupun sifat kuantitatif. Perbedaan yang ada diantara individu satu dengan lainnya ditentukan oleh faktor genetik dan faktor lingkungan. Akibat adanya pengaruh lingkungan ini, maka individu yang bergenotip sama kemungkinan akan mempunyai fenotif yang berbeda. Adanya pewarisan sifat, dalam populasi dapat kita lihat adanya sifat yang sangat bervariasi sehingga kecil kemungkinan dilihat adanya persamaannya.



Sebagian besar sifat fisik pada manusia disebabkan oleh banyak gen (poligenik). Berbagai sifat yang diwariskan secara poligenik sehingga variasinya antara lain warna kulit, tinggi badan, kecerdasan (IQ), sidik jari, refraksi mata dan lain-lain.

Sifat-sifat pada manusia tersebar dengan penyebaran yang khas untuk populasi tertentu.

Prosedur

1. Kegiatan ini dilakukan secara berkelompok, tiap kelompok terdiri dari 4-5 orang diusahakan terdiri mahasiswa putra dan putri.
2. Lakukan candra pada sifat-sifat yang nampak pada setiap anggota kelompok, sekurang-kurangnya 8 sifat (Tabel 1).
3. Tuliskan hasil pen-candraan pada tabel 2 yang tersedia, tentukan pula kemungkinan genotip dan sifat tersebut berdasarkan sifat dominan dan resesifnya.

Untuk mengisi tabel ini ciri dibandingkan dengan teman satu kelompok, setelah itu dibandingkan dengan kelompok lain. Ciri yang diperoleh tidak menunjukkan sifat atau ciri yang satu lebih unggul dari sifat yang lain. Masukkan hasil pengamatan pada tabel II dan III: Lakukan survey terbatas pada 5 orang temanmu dari prodi lain, masukkan pada Tabel II. Setelah itu akumulasikan jumlah keseluruhan pengamatan pada Tabel III.

Tabel I. Sifat Dominan/resesif dan berbagai sifat/ciri yang diamati.

Sifat/Ciri	Keterangan
Daun telinga	Daun telinga bebas/menggantung dominan terhadap yang melekat (2 fenotip)
Lekuk pipi	Pipi yang berlekuk pipi dominan terhadap yang tidak berlekuk pipi (2 fenotip)
Widow's peak	Dominan terhadap yang biasa/lurus (2 fenotip)
Rambut keriting	Dominan terhadap yang biasa/lurus dan ikal (3 fenotip)
Ibu jari bengkok	Dominan terhadap yang tidak dibengkokkan sampai pergelangan tangan (2 fenotip)
Lidah	Dapat menggulung dominan terhadap yang tidak dapat menggulung (2 fenotip)
Bulu mata	Bulu mata panjang dominan terhadap yang pendek
Tapak kaki	Ceper/lurus dominan terhadap yang melengkung (2 fenotip)

Tabel II. Hasil pengamatan terhadap sifat dominan/resesif mahasiswa prodi lain

No.	Variasi yang diamati	Nama mahasiswa yang disurvei				
		1.	2.	3.	4.	5.
1.	Daun telinga					
2.	Lekuk pipi					
3.	Widow's peak					
4.	Rambut keriting					
5.	Ibu jari bengkok					
6.	Lidah					
7.	Bulu mata					
8.	Tapak kaki					

Tabel III. Hasil pengamatan terhadap sifat dominan/resesif kelompok pengamatan.

No.	Variasi nyang diamati	Jumlah Sampel Hasil Survey		Jumlah Sampel Kelas	
		Dominan	Resesif	Dominan	Resesif
1.	Daun telinga				
2.	Lekuk pipi				
3.	Widow's peak				
4.	Rambut keriting				
5.	Ibu jari bengkok				
6.	Lidah				
7.	Bulu mata				
8.	Tapak kaki				

II. SIMULASI PERCOBAAN MONOHIBRID MENDEL

Tujuan

1. Mempelajari segregasi pada saat pembentukan gamet F1
2. Mempelajari penggabungan acak gamet jantan dan betina dari F1 pada saat pembuahan

Landasan teori

Teori pertama tentang sistem pewarisan yang dapat diterima kebenarannya dikemukakan oleh **Gregor Mendel** pada tahun 1865. Teori ini diajukan berdasarkan penelitian persilangan berbagai varietas kacang kapri (*Pisum sativum*). Mendel memilih tanaman Kapri untuk percobaannya dengan sifat biologi yang mudah diamati.

Berbagai alasan dan keuntungan menggunakan tanaman kapri yaitu:

1. Tanaman kapri tidak hanya memiliki bunga yang menarik, tetapi juga memiliki mahkota yang tersusun melindungi bunga kapri terhadap fertilisasi oleh serbuk sari dari bunga yang lain. Hasilnya, tiap bunga menyerbuk sendiri secara alami.
2. Penyerbukan silang dapat dilakukan secara akurat dan bebas, dapat dipilih mana tetua jantan dan betina yang diinginkan.
3. Dapat dikumpulkan benih dari tanaman yang disilangkan, kemudian menumbuhkannya dan mengamati karakteristik (sifat) keturunannya.
4. Berumur pendek (palawija)

Mendel mempelajari beberapa pasang sifat pada tanaman kapri. Masing-masing sifat yang dipelajari adalah: tinggi tanaman, warna bunga, bentuk biji, dan lain-lain yang bersifat dominan dan resesif. Mula-mula Mendel mengamati dan menganalisis data untuk setiap sifat, dikenal dengan istilah monohibrid. Selain itu Mendel juga mengamati data kombinasi antar sifat, dua sifat (dihibrid), tiga sifat (trihibrid) dan banyak sifat (polihibrid). Hasil percobaannya ditulis dalam makalah yang berjudul *Experiment in Plant Hybridization*.

Varietas-varietas yang disilangkan disebut **tetua** atau **parental (P)**. Biji-biji anakan hasil persilangan antar parental disebut biji **filial-1 (F1)**. Ciri-ciri F1 dicatat dan bijinya ditanam kembali. Tanaman yang tumbuh dari biji F1 dibiarkan menyerbuk sendiri untuk menghasilkan biji generasi berikutnya (F2). Mendel melakukan percobaan sampai generasi F7 untuk memastikan kestabilan genetik tanaman. Selain itu Mendel juga melakukan persilangan antara F1 dengan salah satu tetuannya (*test cross*).

Hasil percobaan monohibrid menunjukkan bahwa pada seluruh tanaman F1 hanya ciri (sifat) dari salah satu tetua yang muncul. Pada generasi F2, semua ciri yang dipunyai oleh tetua (P) yang disilangkan muncul kembali. Ciri sifat tetua yang hilang pada F1 terjadi karena tertutup, kemudian disebut ciri *resesif*, dan yang menutupi disebut *dominan*. Dari seluruh percobaan monohibrid untuk 7 sifat yang diamati, pada F2 antara jumlah individu dengan ciri dominan:resesif ternyata memiliki perbandingan mendekati 3:1.

Kesimpulan percobaan monohibrid Mendel menyatakan bahwa setiap sifat organisme ditentukan oleh faktor, yang disebut **gen**. Faktor tersebut kemudian diwariskan dari satu generasi ke generasi berikutnya. Pada setiap tanaman terdapat dua faktor untuk masing-masing sifat, yang disebut **2 alel**; satu faktor berasal dari tetua jantan dan satu lagi berasal dari tetua betina. Selama penggabungan setiap faktor tetap utuh dan selalu mempertahankan identitasnya. Pada saat pembentukan gamet, setiap faktor dapat dipisah

dan bergabung kembali secara bebas. Peristiwa ini dikenal sebagai *Hukum Mendel* atau hukum segregasi. Perbandingan pada F2 untuk ciri dominan : resesif = 3 : 1, terjadi karena proses penggabungan secara acak gamet-gamet betina dan jantan dari tanaman F1.

Miosis dan Hukum Segregasi Mendel

Hukum segregasi Mendel mengikuti proses miosis.

1. Individu heterozigot untuk alel tinggi (T) dan alel pendek (t).
2. Setelah kromosom mengganda, melalui miosis I dan II menghasilkan sel-sel haploid. Tiap-tiap sel memiliki alel tunggal untuk gen tinggi tanaman, baik T atau t, maka alel T dan t bersegregasi bebas satu sama lain.
3. Selama fertilisasi alel bergabung secara acak.

Keturunan memiliki rasio genotipe: 1 TT : 2 Tt : 1 tt dan rasio fenotipe : 3 tinggi : 1 pendek.

Uji Statistik Dalam Percobaan Persilangan

Untuk dapat menentukan apakah suatu fenomena yang diamati sesuai atau tidak dengan teori tertentu, perlu dilakukan suatu pengujian dengan melihat besarnya *penyimpangan* nilai pengamatan terhadap nilai *harapan*. Selanjutnya besarnya penyimpangan tersebut dibandingkan terhadap kriteria model tertentu. Dalam percobaan persilangan akan dibandingkan frekuensi genotipe yang diamati terhadap frekuensi harapannya dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\boxed{X^2 \text{ hitung} = \sum \frac{(o - e)^2}{ei}} \quad \text{atau} \quad \boxed{X^2 \text{ hitung} = \sum \frac{d^2}{e}}$$

Keterangan:

o = nilai pengamatan fenotip ke-i
e = nilai harapan fenotip ke-i

Perumusan hipotesis:

H0 = hasil observasi sesuai teori atau distribusi populasi bersifat normal

H1 = hasil observasi tidak sesuai teori atau distribusi populasi tidak bersifat normal

Keputusan pengujian didapatkan dengan cara membandingkan X^2 tabel pada derajat bebas (db) tertentu. Derajat bebas yang sering digunakan adalah 0,5 dan 0,1. Kesimpulan diambil berdasarkan hasil sebagai berikut:

Bila X^2 hitung lebih kecil dari X^2 tabel (X^2 hitung < X^2 tabel), maka hasil survey/observasi diterima atau H0 diterima. Dengan kata lain **sebaran pengamatan tidak berbeda nyata dengan sebaran teori/harapan**, atau **hipotesis H0 diterima** atau **populasi bersifat normal**. Sebaliknya jika X^2 hitung > X^2 tabel, maka sebaran pengamatan berbeda nyata dengan sebaran harapan.

Jika : X^2 hitung < X^2 kritis (0,5) dari tabel, maka H0 diterima
 X^2 hitung > X^2 kritis (0,5) dari tabel, maka H0 ditolak
Nilai kritis = db = n-1 atau \sum fenotif - 1

Alat dan Bahan

Tiga keping koin (besi) yang setimbang, masing-masing sisi diberi warna dan tanda berbeda, warna hijau dengan tanda A; warna kuning tanda a.

Prosedur segregasi pembentukan gamet F1

1. Lemparkan koin dan sisi yang muncul dicatat. Sisi ini dianggap sebagai alel yang dikandung oleh gamet yang dihasilkan.
2. Ulangi pelemparan koin sampai 200 kali dan setiap pelemparan sisi yang muncul dicatat. Selanjutnya banyaknya pemunculan masing-masing sisi dihitung dan dilakukan pengujian chi kuadrat.
3. Catat hasilnya dan catat hasilnya pada Tabel I.
4. Bahaslah apakah sebaran data sesuai dengan hipotesis bahwa kedua alel mempunyai peluang yang sama (sesuai dengan Hukum Segregasi) atau tidak.

Tabel I. Uji peluang munculnya alel A dan a dalam pembentukan gamet F1 (Aa).

No.	Alel hipotesis	Hipotesis	Pengamatan (o)	Harapan (e)	d (o-e)	d ² /e
1.	A					
2.	a					
Total						

χ^2 Tabel (= 0.05) pada db (= 2 fenotip - 1 = 1) adalah 3.841

Prosedur penggabungan secara acak gamet jantan dan betina dari F1

1. Lemparkan secara serentak kedua koin, dan catat kombinasi sisi yang muncul (AA, Aa, atau aa). Pelemparan dilakukan sampai 200 kali.
2. Pelemparan ini ini menganalogkan penggabungan secara acak gamet-gamet jantan dan betina dari F1.
3. Bila dalam percobaan tersebut terdapat kasus dominan resesif, alel A bersifat dominan terhadap alel a. Diketahui bahwa alel A pembawa sifat warna polong hijau dan alel a untuk warna polong kuning.
4. Uji fenotipe F2 data percobaan tersebut untuk hipotesis hijau : kuning = 3/4 : 1/4.
5. Catat hasil pengamatan anda dalam Tabel II.

Tabel II. Uji perbandingan fenotipe F2 percobaan monohibrid Mendel

No.	Fenotip	Genotip	Hipotesis	Pengamatan (o)	Harapan (e)	d (o-e)	d ² /e
1.	Hijau						
2.	Kuning						
Total							

χ^2 Tabel (= 0.05) pada db (= 2 fenotip - 1 = 1) adalah 3.841

III. ALEL GANDA I

Tujuan

Mengenal beberapa sifat keturunan pada manusia yang ditentukan oleh pengaruh alel ganda dan mencoba menetapkan genotip dirinya sendiri.

Landasan Teori

Pada tumbuhan, hewan, dan manusia dikenal beberapa sifat keturunan yang ditentukan oleh suatu seri alel ganda. Salah satu alel ganda adalah ada tidaknya rambut pada jari jemari tangan.

Alat dan Bahan

1. Jari tangan mahasiswa
2. Loop

Prosedur

1. Dengan menggunakan sebuah loop, tiap orang praktikan mengamati sisi atas dari jari-jari tangannya sendiri.
2. Perhatikan dengan seksama apakah pada segmen digitalis tengah dari jari-jari tangan tampak jelas tumbuh rambut. Sifat ini ditentukan oleh suatu seri alel ganda.
H1 = rambut terdapat pada semua jari. Ibu jari tidak dipakai.
H2 = rambut pada jari kelingking, manis dan tengah.
H3 = rambut pada jari manis dan tengah.
H4 = rambut pada jari manis saja.
H5 = tiada rambut pada semua empat jari.
Urutan dominansi dari alel-alel itu ialah : H1 H2 H3 H4 H5.

Tabel I. Tabel hasil pengamatan alel ganda rambut pada jari pada populasi kelompok dan kelas

Alel Ganda	Hasil Individu	Hasil kelompok		Hasil kelas	
		Jumlah	Persentase	Jumlah	Persentase
H1					
H2					
H3					
H4					
H5					

IV. ALEL GANDA II

Tujuan

Mengenal beberapa sifat keturunan pada manusia yang ditentukan oleh pengaruh alel ganda dan mencoba menetapkan genotip dirinya sendiri.

Landasan Teori

Pada tumbuhan, hewan, dan manusia dikenal beberapa sifat keturunan yang ditentukan oleh suatu seri alel ganda. Salah satu alel ganda adalah ada tidaknya rambut pada jari jemari tangan.

Golongan darah **ABO** yang ditemukan oleh **Landsteiner** dalam tahun 1900 dan faktor Rh ditemukan oleh Landsteiner bersama Wiener dalam tahun 1942 juga ditentukan oleh alel ganda. Untuk golongan darah tipe ABO misalnya dikenal alel ganda IA, IB dan IO/i. Harus dipahami pengertian tentang antigen zat anti (antibodi) dan aglutinasi (proses penggumpalan darah).

Meskipun semua praktikan sebenarnya telah mengetahui golongan darah masing-masing, namun dalam percobaan ini mereka belajar menetapkan sendiri golongan darahnya. Disediakan 3 macam antiserum, yaitu anti serum A, antiserum B dan antiserum Rh (D)+.

Saat ini, dalam penentuan golongan darah digunakan antibodi yang berasal dari binatang yang secara spesifik telah diimunisasi terhadap antigen A atau antigen B, sehingga mengandung anti A atau anti B. Bila antibodi tersebut mengenali sel darah merah yang homolog (sesuai), akan terjadi reaksi hemaglutinasi. Seperti halnya pada percobaan 1, reaksi hemaglutinasi ini adalah reaksi hemaglutinasi langsung.

Oleh karena penetapan golongan darah perlu dilakukan dalam waktu singkat, hemaglutinasi dinilai langsung pada saat-saat pertama dengan melihat terbentuknya gumpalan-gumpalan kasar pada kaca objek tempat reaksi berlangsung.

Selain sistem ABO, terdapat pula beberapa sistem golongan darah lain, yang terpenting di antaranya ialah sistem Rhesus (Rh).

Alat dan Bahan

1. Stylet steril/lancet
2. Kapas alkohol
3. Kaca objek yang bersih dan kering
4. Perangkat pereaksi yang terdiri atas antibodi anti A dan anti B.

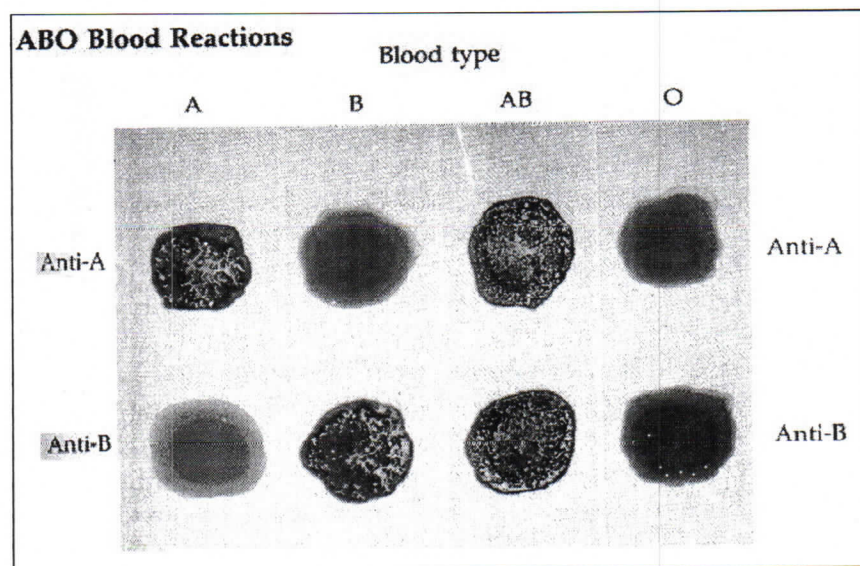
Prosedur analisis golongan darah

1. Siapkan gelas obyek yang bersih dan kering. Bagi 2 dan tandai A dan B.
2. Pada bidang A teteskan antibodi anti A, dan pada bidang B teteskan antibodi anti B.
3. Bersihkan telapak jari manis kiri dengan kapas alkohol, biarkan sampai kering.
4. Tusuk telapak jari tersebut dengan stylet steril sampai darah keluar.
5. Teteskan 1 tetes darah langsung dari jari ke tiap serum anti tersebut. Aduk baik-baik dengan pengaduk yang tersedia.
6. Perhatikan dan catat terbentuknya gumpalan aglutinasi yang besar-besar. Tetapkan golongan, berdasarkan tabel I dan gambar 1.

Tabel I. Tabel bantu penentuan golongan darah.

Bila diuji dengan	aglutinasi	Golongan darah
Serum anti A saja	Ada	A
Serum anti B saja	Ada	B
Anti A dan Anti B	Ada	AB
Anti A dan Anti B	Tidak ada	O
Anti Rh (D)+	Ada	Rh+

Gambar I. Gambar contoh penentuan golongan darah dengan sampel golongan darah A dan B.



Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display.

ABO Blood Types				
	Antigen A	Antigen B	Antigens A and B	Neither antigen A nor B
Erythrocytes				
Plasma	Anti-B antibodies	Anti-A antibodies	Neither anti-A nor anti-B antibodies	Both anti-A and anti-B antibodies
Blood type	Type A Erythrocytes with type A surface antigens and plasma with anti-B antibodies	Type B Erythrocytes with type B surface antigens and plasma with anti-A antibodies	Type AB Erythrocytes with both type A and type B surface antigens, and plasma with neither anti-A nor anti-B antibodies	Type O Erythrocytes with neither type A nor type B surface antigens, but plasma with both anti-A and anti-B antibodies

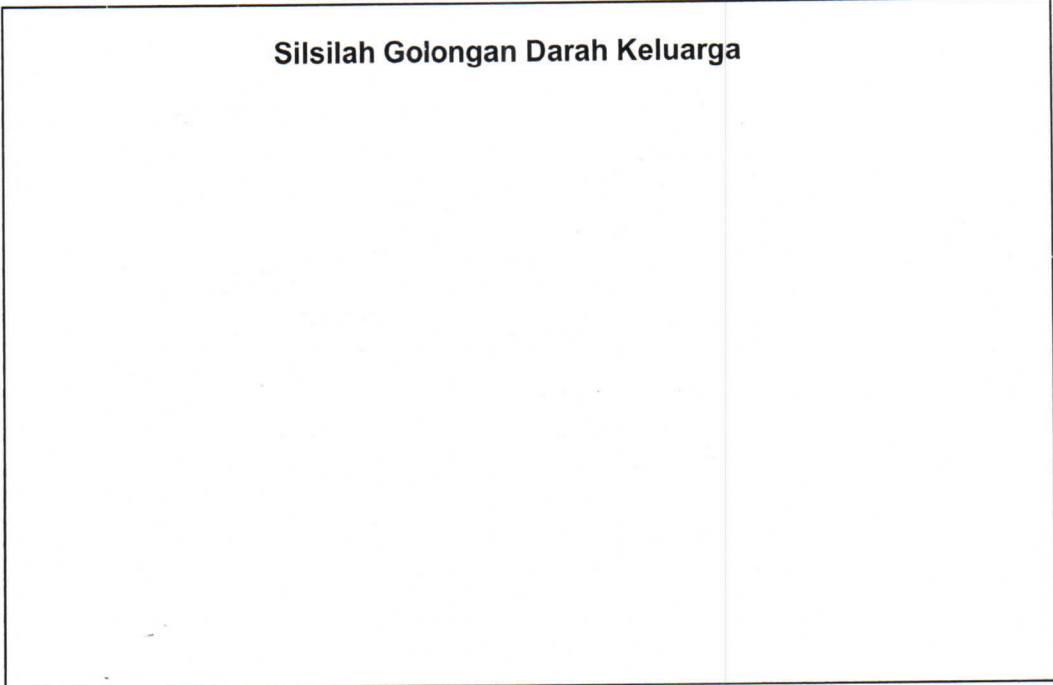
(a)

Tabel II. Tabel hasil penentuan golongan darah pada populasi kelompok dan kelas.

No.	Jenis Golongan Darah	Hasil Pengamatan Sampel	
		Jumlah	Persentase dari kelas
1.	A		
2.	B		
3.	AB		
4.	O		
5.	Rh+		
6.	Rh-		

Buatlah diagram silsilah dalam keluarga ayah dan ibu anda khusus mengenai golongan darah ABO (jika diketahui). Tunjukkan letak anda di dalam lingkungan silsilah itu. Perkirakan bagaimana kira-kira genotip Anda?

Silsilah Golongan Darah Keluarga



V. GEN GANDA (SIDIK JARI PADA TANGAN MANUSIA)

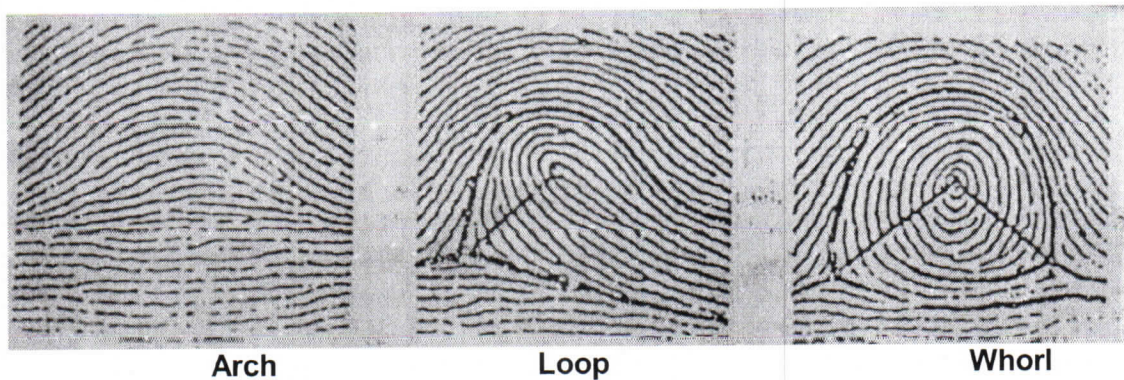
Tujuan

1. Mengetahui pola sulur jari tangan
2. Menguji perbandingan genetik pola sulur dari populasi mahasiswa dalam satu kelas (dengan menggunakan chi kuadrat)

Landasan Teori

Sulur-sulur dermis diwariskan secara poligen (dipengaruhi oleh banyak gen). Sulur-sulur dermis seseorang mulai terbentuk pada usia 3 - 4 bulan kehamilan, dan tidak dipengaruhi oleh lingkungan. Berdasarkan sistem Galton dapat dibedakan 3 pola utama sebagaimana Gambar 1.

Gambar 1. Tiga tipe pola sulur rata-rata orang



Berdasarkan jenisnya, pola sulur-sulur dermis dibagi menjadi 3 :

1. Pola arch atau pola lengkung (A)
2. Pola loop atau pola sosok (L)
3. Pola whorl atau pola lingkaran (W)

Pola loop sendiri dibagi lagi menjadi 2 :

1. Loop radial yang terbuka di ujung
2. Loop ulnar yang terbuka ke pangkal jari

Pola loop mempunyai satu **triradius**. Triradius yaitu titik-titik pertemuan dari tiga arah rigi dengan sudut kira-kira 120° . pola whorl mempunyai lebih dari satu triradius sedang pola arch tidak memiliki triradius. Frekuensi pola-pola tersebut di atas berbeda untuk setiap bangsa, juga berbeda untuk laki-laki dan perempuan.

Pada populasi orang kulit putih dan kulit hitam banyak dijumpai yang memiliki pola loop. Sedangkan pola whorl banyak dijumpai pada populasi bangsa mongoloid, populasi penduduk asli Australia dan populasi Melanesia di Pasifik. Pola arch dijumpai paling sedikit ditemukan untuk semua populasi bangsa, biasanya dijumlahnya kurang dari 10%. Hanya pada populasi Bushman (Bangsa Negroid yang hidup di Afrika Selatan) pola arch dijumpai lebih dari 10%. Dalam rata-rata populasi pola arch dijumpai 5%, pola loop 65-70% sedangkan pola whorl 25-30%.

Alat dan Bahan

1. Tinta stempel dan bantalannya
2. Kaca pembesar loop

Prosedur

1. Kenakan 10 jari tangan pada bantal stempel.
2. Tempelkan masing-masing jari tangan pada kertas yang teredia.
3. Amati bekas sidik jari saudara pada kertas dengan menggunakan kaca pembesar.
4. Tentukan tipe/ pola sulur ke-10 jari tangan.
5. Catat hasilnya pada Tabel I.
6. Hitung frekuensi masing-masing pola pada seluruh kelas masukkan dalam tabel kolom o (= observed value) kemudian uji dengan statistik chi kuadrat (pergunakan taraf signifikansi 5%).
7. Masukkan data hasil analisis pada Tabel II dan III.

Tabel I. Hasil pengamatan jari tangan pribadi praktikan

	Tangan kanan	Tipe	Tangan kiri	Tipe
Ibu Jari				
Telunjuk				
Jari tengah				
Jari manis				

Kelingking					
------------	--	--	--	--	--

Tabel II. Data pengamatan jari tangan pada kelompok kelas

	Jumlah tipe sulur kelas			Jumlah	Keterangan
	Arch	Loop	Whorl		
Total					

Tabel III. Perhitungan Chi kuadrat

	Arch	Loop	Whorl	Jumlah
o				
e	5	70	25	100
d				
d²/e				

Catatan

Chi kuadrat (χ^2) = jumlah dari penyimpangan yang dikwadratkan dibagi jumlah hasil yang diharapkan.

$$\chi^2 = \sum (d^2/e)$$

Keterangan χ^2 = chi kuadrat, **d** = deviaton (penyimpangan) = **(o-e)**, **e** = expexted value (hasil yang diharapkan), **o** = observed value (hasil observasi). Hasil Chi kuadrat dibandingkan dengan Tabel χ^2 .

Tabel 4. Tabel statistik X^2 tabel.

Derajat kebebasan	P=0,00	p=0,50	p=0,25	p=0,10	p=0,05	p=0,01
1	0,02	0,45	1,32	2,71	3,84	6,64
2	0,21	1,39	2,77	4,60	5,99	9,21
3	0,58	2,37	4,11	6,25	7,82	11,34
4	1,06	3,36	5,39	7,78	9,49	13,28
5	1,61	4,35	6,63	9,24	11,07	15,09
6	2,20	5,35	7,84	10,64	12,59	16,81
7	2,83	6,35	9,04	12,02	14,07	18,48
8	3,49	7,34	10,22	13,36	15,51	20,09
9	4,17	8,34	11,39	14,68	16,92	21,67
10	4,87	9,34	12,55	15,99	18,32	23,21
dapat diterimaditolak						

VI. PENENTUAN JUMLAH SULUR RIGI JARI TANGAN

Tujuan

1. Untuk mengetahui jumlah rigi pada setiap mahasiswa.
2. Untuk mengetahui ada tidaknya penyimpangan dengan frekuensi pada populasi pada umumnya (dengan chi kuadrat).

Landasan Teori

Jumlah sulur atau rigi-rigi jari tangan berbeda untuk laki-laki dan perempuan. Jumlah rigi dihitung mulai dari triradius sampai pusat dari pola sulur jari. Triradius yaitu titik-titik dari mana rigi-rigi menuju ke tiga arah dengan sudut kira-kira 120° . Pola Arch tidak memiliki triradius sehingga perhitungan rigi tidak dilakukan. Jika ada dua atau lebih triradius maka yang diambil adalah hasil perhitungan sulur terbanyak.

Untuk mendapatkan jumlah perhitungan rigi maka rigi dari semua jari dijumlahkan: hal ini disebut dengan **Total Finger Ridge Count**. Pada perempuan jumlah rigi rata-rata 127 sedang pada laki-laki 144 (Suryo, 1986).

Alat dan Bahan

1. Tinta stempel dan bantalannya
2. Kaca pembesar

Prosedur

1. Kenakan 10 ujung jari tangan pada tinta stempel dan tempelkan pada kertas yang tersedia (dapat menggunakan hasil cap jari pada praktikum penentuan pola sulur)
2. Hitung jumlah rigi-rigi dari kesepuluh jari tangan.
3. Masukkan hasil perhitungan dalam label
4. Hitung rata-rata jumlah rigi pada mahasiswa putra dan putri, masukkan hasil penghitungan pada Tabel I.
5. Uji perbandingan genetik dengan menggunakan chi kuadrat dengan taraf signifikansi 5%. Masukkan seluruh hasil pengamatan dan analisis pada Tabel II, III dan IV.

Tabel I. Hasil pengamatan populasi kelas

	Ibu jari			Jari telunjuk			Jari tengah			Jari manis			Kelingking		
	A	L	W	A	L	W	A	L	W	A	L	W	A	L	W
Pola sulur															
Jumlah rigi															

Pada pola sulur beri tanda cek (√) pada kolom yang sesuai jumlah rigi pada mahasiswa seluruh kelas. Buat tabel untuk masing-masing jenis kelamin, dan dilanjutkan dengan Tabel II.

Tabel II. Tabel bantu penghitungan jumlah rigi praktikan (dapat menggunakan Tabel I Bab. V)

	Tangan kanan	Jumlah rigi	Tangan kiri	Jumlah rigi
Ibu Jari				
Telunjuk				
Jari tengah				
Jari manis				
Kelingking				
TOTAL JUMLAH RIGI				

Tabel III. Penghitungan rigi jari tangan pada kelompok kelas

No.	Nama Mahasiswa	Jumlah rigi	
		Laki-laki	Perempuan
1.			
2.			
3.			
4.			
Rata-rata			

Tabel IV. Uji perbandingan genetik pada populasi kelas

	Jumlah rigi	
	Laki-laki	Perempuan
o		
e	5	70
d		
d²/e		

Lihat tabel statistik di halaman sebelumnya.

VII. GEN-GEN YANG DIPENGARUHI JENIS KELAMIN (SEX INFLUENCED GENES)

Tujuan

Untuk mengetahui adanya pengaruh jenis kelamin terhadap gen autosom pada ekspresi panjang pendeknya jari telunjuk

Landasan teori

Beberapa sifat keturunan yang ditentukan oleh gen autosom. Ekspresi gen autosom dapat dipengaruhi oleh jenis kelamin. Sifat tersebut dapat tampak pada kedua jenis kelamin, tetapi pada salah satu jenis kelamin ekspresinya lebih besar dibanding jenis kelamin lainnya. Kepala botak dan panjang jari telunjuk merupakan contoh dari kasus ini. Jari telunjuk yang lebih pendek dari jari manis ditentukan oleh gen dominan pada laki-laki, sedangkan pada perempuan bersifat resesif.

Bahan

1. Tangan kiri/kanan para mahasiswa
2. Alat untuk mengamati perbedaan panjang antara jari telunjuk dengan jari manis

Prosedur

1. Setiap mahasiswa secara bergiliran diamati panjang kedua jari (telunjuk dan manis) pada alas yang disediakan tepat pada garis melintang.
2. Tentukan variasinya dan isi tabel berikut :
3. Ambillah sampel pada populasi kelas yang berbeda, masing-masing 10 orang perempuan dan 10 orang mahasiswa laki-laki.

Tabel I. Lembar Isian pengamatan, lokasi sampel kelas _____

No	Perempuan		Laki-laki	
	Telunjuk pendek	Telunjuk panjang	Telunjuk pendek	Telunjuk panjang
1.				
2.				
3.				
4.				
5.				
6.				
7.				
Total				

Perempuan telunjuk pendek = ___ % Telunjuk panjang = ___ %

Laki-laki telunjuk pendek = ___ % Telunjuk panjang = ___ %

VIII. ISOLASI DNA (CRUDE EXTRACT) ASAL BUAH

Tujuan

1. Mengisolasi DNA buah berdaging lunak.
2. Membandingkan jumlah DNA pada buah yang berbeda.

Landasan Teori

DNA dapat ditemukan dalam semua sel yang mengandung inti. Khusus untuk tumbuhan, DNA akan lebih mudah diambil dari sel jaringan lunak misalnya daging buah. Isolasi kasar DNA dari daging buah dapat dilakukan dengan menggunakan teknik dan bahan yang sangat sederhana. DNA hasil isolasi ini tidak disarankan untuk dianalisis lebih lanjut terutama untuk keperluan penelitian. Tiap sampel buah memiliki konsentrasi asam nukleat yang berbeda-beda

Bahan dan Alat

1. Buah-buahan berdaging lunak, yaitu pisang, alpukat, tomat, apel dan mangga
2. Garam dapur
3. Deterjen cair
4. Aquadest
5. Etanol absolut dingin
6. Gelas kimia dan tabung reaksi
7. Garpu, sumpit mie, dan saringan halus

Prosedur

1. Kupas buah dan potong menjadi 4 bagian lalu lumatkan di dalam gelas kimia dengan menggunakan garpu.
2. Tambahkan 3 gram garam dapur ke dalam gelas kimia berisi buah yang telah dilumatkan tadi.
3. Ukur 20 gram buah yang lumat tersebut dengan 20 mL cairan detergen.
4. Selanjutnya tambahkan 50 – 100 ml air ke dalam gelas kimia tadi, aduk perlahan sampai homogen, kemudian diamkan selama 5 - 15 menit.
5. Saring buah tadi ke dalam gelas kimia yang baru.
6. Tuangkan buah yang telah disaring tadi ke dalam tabung reaksi sampai sekitar 1/4 dari volume tabung reaksi.
7. Tambahkan etanol absolut dingin dengan cara mengalirkannya melalui dinding tabung reaksi secara perlahan. Massa bening akan segera terlihat terpisah dari sari buah. Massa putih tersebut adalah DNA buah tersebut. Untuk mendapatkan massa DNA pada bagian atas permukaan etanol secara sempurna diperlukan bantuan sumpit mie untuk menarik massa putih tersebut secara perlahan ke permukaan etanol.
8. Hasil positif terlihat adanya 3 lapisan, yaitu lapisan pertama di dasar tabung reaksi berisi sari buah, lapisan tengah berisi etanol dan lapisan ketiga berisi massa putih DNA buah. Pipet massa putih DNA tersebut, dan ukur volumenya.

Tabel I. Tabel hasil perbandingan isolasi DNA pada buah yang berbeda.

No.	Jenis buah	Volume
1.		
2.		
3.		
4.		

IX. PEMBUATAN KARIOTIPE KROMOSOM EUKARIOT

Tujuan

1. Membuat dan menyusun kariotipe (Kariogram dan Idiogram) kromosom buatan
2. Mengetahui cara menentukan pasangan kromosom
3. Mengetahui cara menentukan tipe kromosom

Landasan Teori

Pada eukariot, secara umum morfologi kromosom ditentukan oleh letak sentromer, panjang lengan kromosom, dan ada tidaknya satelit, yaitu penyempitan sekunder pada kromosom. Sentromer merupakan bagian terakhir yang mengikat kromatid sebelum memisah, dan merupakan penyempitan primer.

Letak sentromer sering merupakan ciri khas dari setiap pasangan kromosom. Berdasarkan posisi sentromernya, kromosom dikelompokkan menjadi:

1. Metasentrik: sentromer terletak di tengah-tengah kromosom.
2. Alosentrik: sentromer terletak di ujung kromosom.
3. Sub-metasentrik: sentromer terletak pada salah satu ujung sentromer.
4. Telosentrik: sentromer terletak sepertiga dari ujung kromosom.

Berdasarkan ukurannya kromosom dibagi atas ukuran

- Panjang (>10 μm)
- Sedang (4-10 μm)
- Pendek (< 2 μm)

Kromosom manusia ada 23 pasang terdiri dari 22 pasang autosom dan 1 pasang kromosom kelamin, sehingga formulanya biasa ditulis dengan 44A+XX untuk perempuan dan 44A+XY untuk laki-laki.

Bahan dan Alat

1. Foto copy/foto perbesaran kromosom manusia dalam stadium metafase
2. Kertas
3. Gunting
4. Lem kertas

Prosedur pembuatan kariogram

1. Dua helai kertas berisi gambar kromosom manusia dalam keadaan metafase digunting menjadi tiap-tiap kromosom.
2. Beri nomor pada kromosom secara acak.
3. Lakukan pengukuran pada lengan-lengan kromosom dengan menggunakan benang yang diukur pada mistar.
4. Tentukan rasio lengan kromosom masing-masing kromosom dengan cara membagi panjang lengan pada sisi panjang dengan sisi pendek.
5. Masukkan data penghitungan rasio pada Tabel I.
6. Tentukan posisi hasil pengukuran dengan Metode Pencar (Scatter Plot), yaitu dengan memplotkan panjang total pada sumbu Y dan rasio panjang pada sumbu X. Pasangan kromosom ditentukan berdasarkan dua titik yang berdekatan. Bila terdapat lebih dari dua titik yang berdekatan, maka pasangan kromosom ditentukan dari titik yang berdekatan. Tentukan titik-titik tersebut pada Gambar I.
7. Buat kariogram dengan cara mengatur pasangan-pasangan kromosom berdasarkan urutan dari rasio terkecil sampai terbesar.

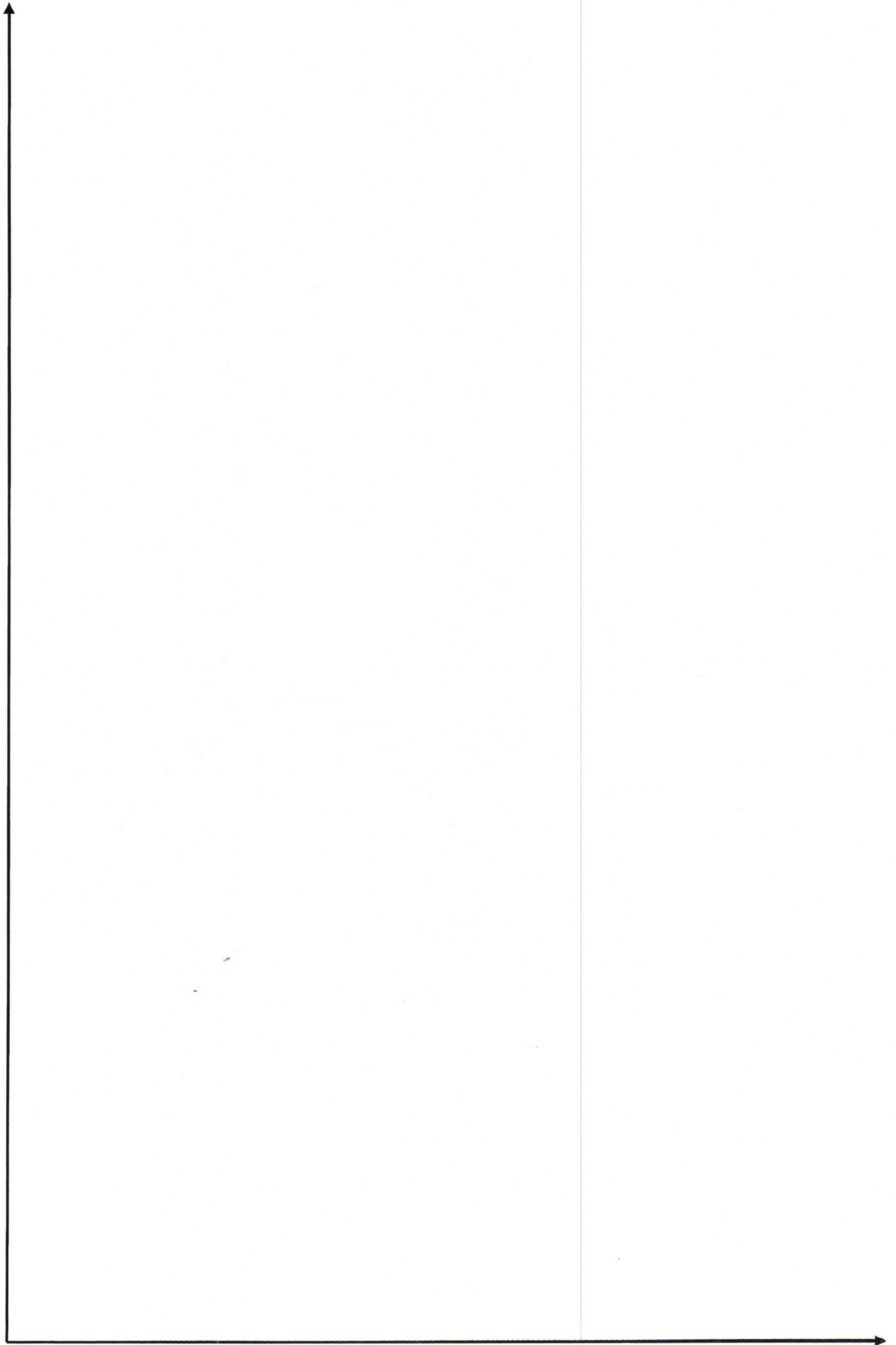
Tabel I. Data penghitungan panjang dan rasio lengan kromosom sampel

No.	Lengan 1 (P1)	Lengan 2 (P2)	P1 + P2	Rasio (P1/P2)
1.				
2.				
3.				
4.				
5.				
6.				
7.				
8.				
9.				
10.				
11.				
12.				
13.				
14.				
15.				
16.				
17.				
18.				
19.				
20.				
21.				
22.				
23.				
24.				
25.				
26.				

27.				
28.				
29.				
30.				
31.				
32.				
33.				
34.				
35.				
36.				
37.				
38.				
39.				
40.				
41.				
42.				
43.				
44.				
45.				
46.				

Gambar I. Diagram pencar kromosom sampel

Panjang total kromosom (mm)



Rasio lengan kromosom

Perubahan jumlah kromosom mungkin terjadi pada manusia yang disebabkan oleh berbagai faktor. Perubahan jumlah kromosom pada manusia ada beberapa macam antara lain :

- Monosomi: 45X0 (Turner sindrom)
- Trisomi 21: 47XX + 21 (Down sindrom)
47XY + 21

Jumlah kromosom manusia tersebut dapat dikelompokkan menjadi 7 kelompok, yaitu :

- Kelompok A : kromosom 1-3
- Kelompok B : kromosom 4-5
- Kelompok C : kromosom 6-12 + x
- Kelompok D : kromosom 13-15
- Kelompok E : kromosom 16-18
- Kelompok F : kromosom 19-20
- Kelompok G : kromosom 21-22 + y

Berdasarkan letak sentromernya kromosom pada manusia dibedakan menjadi kromosom metasentris, telosentris, submetasentris, akrosentris.

Prosedur pengelompokkan dan pencocokan pasangan kromosom

1. Panjang total setiap pasangan kromosom dirata-ratakan.
2. Lakukan penyusunan kromosom berdasarkan urutan panjang total kromosom dari yang terkecil sampai yang terpanjang.
3. Pasangan kromosom selanjutnya dikelompokkan menurut rasionya dan masukkan datanya pada Tabel II.

Tabel II. Data pengelompokkan kromosom berdasarkan pasangan dan rasio panjang lengan

No.	Kelompok	Rasio lengan kromosom	Nomor Pasangan Kromosom
1.	Metasentrik	1.0 – 1.7	
2.	Sub metasentrik	1.7 – 3.0	
3.	Sub telosentrik	3.0 – 7.0	
4.	Telosentrik	Lebih besar dari 7.0	
5.	Alosentrik	Sentromer di ujung	

Prosedur pembuatan Idiogram

Lekatkan/tempelkan guntingan gambar kromosom tadi pada satu halaman kertas (Tabel III) dan susun sehingga terbentuk susunan kariotip berdasarkan pasangannya masing-masing.

Tabel III. Hasil pencocokan pasangan kromosom

(1)	(2)	(3)	(4)
(5)	(6)	(7)	(8)
(9)	(10)	(11)	(12)
(13)	(14)	(15)	(16)
(17)	(18)	(19)	(20)
(21)	(22)	(23)	

Kesimpulan atas data idiogram

1. Sampel kromosom berjenis kelamin :
2. Apakah ada kelainan pada sampel :
3. Formula kromosom sampel :

X. PENGUJIAN KESETIMBANGAN HARDY-WEINBERG

Tujuan

Mempelajari kesetimbangan Hardy-Weinberg dengan frekuensi alel dan gen.

Landasan Teori

Teori kesetimbangan Hardy-Weinberg dirumuskan oleh ahli Matematika Inggris G.H. Hardy dan seorang ahli Fisika Jerman W. Weinberg pada tahun 1908. Teori ini secara terpisah mengembangkan model matematika yang dapat menerangkan proses pewarisan tanpa mengubah struktur genetika di dalam populasi. Hukum Hardy-Weinberg menyatakan bahwa jumlah frekuensi alel di dalam populasi akan tetap seperti frekuensi awal, dengan beberapa persyaratan tertentu. Persyaratan tersebut adalah:

1. Populasi sangat besar
2. Terjadi kawin acak
3. Tidak ada perubahan di dalam komposisi gen akibat mutasi
4. Tidak terjadi migrasi individu ke dalam dan ke luar populasi
5. Tidak ada seleksi alam (semua genotip mempunyai kesempatan yang sama dalam keberhasilan reproduksi).

Hukum Hardy-Weinberg sering digunakan oleh para ahli genetika untuk membandingkan populasi yang sebenarnya dan mendeteksi perubahan evolusi. Dua hal utama dalam hukum Hardy-Weinberg, yaitu:

1. Jika tidak ada gangguan maka frekuensi alel yang berbeda dalam populasi akan cenderung tetap/tidak berubah sepanjang waktu.
2. Dengan tidak adanya faktor pengganggu, maka frekuensi genotipe juga tidak akan berubah setelah generasi I.

Hardy-Weinberg mengemukakan rumus untuk menghitung frekuensi alel dan genotip dalam populasi. Jika di dalam populasi terdapat dua alel pada lokus tunggal, alel dominan D dan alel resesif d, jika frekuensi alel dominan dilambangkan dengan p, dan frekuensi alel resesif dilambangkan dengan q maka $p + q = 1$. Pada reproduksi seksual, frekuensi setiap macam gamet sama dengan frekuensi alel dalam populasi. Jika gamet berpasangan secara acak, maka peluang frekuensi homozigot DD = p^2 , peluang frekuensi homozigot dd = q^2 , dan peluang heterozigot Dd = $2pq$, maka $p^2 + 2pq + q^2 = 1$.

Sebagai contoh pada masa revolusi industri di Inggris, kupu-kupu, *Biston betularia* berwarna terang diperkirakan lebih dari 90%, sedangkan yang berwarna gelap kurang dari 10%. Dengan menggunakan kesetimbangan Hardy-Weinberg, proporsi ini akan terpelihara pada setiap generasi (dengan syarat populasi besar, terjadi kawin acak tanpa perubahan laju mutasi dan migrasi) di dalam lingkungan yang stabil.

Alat dan Bahan

1. 100 manik-manik atau kelereng yang terdiri atas dua warna (dengan nisbah 2:3) dalam kantong plastik hitam.

Prosedur

1. Kocok manik-manik atau kelereng di dalam kantong. Tanpa melihat isi kantong, ambil secara acak 2 buah manik-manik atau kelereng. Keduanya menggambarkan satu individu diploid di dalam generasi berikutnya. Catat genotip individu yang di dapat (misal DD, Dd, atau dd).
2. Kembalikan kedua manik-manik atau kelereng ke dalam kantong dan kocok isi kantong untuk mengembalikan komposisi gen. Dengan mengembalikan manik-manik ke dalam kantong setiap waktu, besar komposisi gen tetap dan peluang seleksi alel tetap sama dengan frekuensinya.

- Ulangi langkah kedua sampai anda mendapatkan 50 individu yang membentuk generasi baru di dalam populasi.
- Catat jumlah individu diploid untuk setiap genotip pada Tabel I. Hitung frekuensi untuk ketiga macam genotip (DD, Dd, dan dd) dan frekuensi alel untuk alel dominan dan resesif. Nilai yang didapat merupakan *frekuensi hasil pengamatan* di dalam populasi baru dan jumlahnya harus sama dengan satu.

Tabel I. Frekuensi genotip dan alel hasil pengamatan dalam populasi manik-manik/kelereng

Pasangan Gamet (genotipe individu)	Hasil perkawinan (turus)	Jumlah	Frekuensi (%)
DD			
Dd			
.dd			
Total		50	100

- Untuk menentukan *frekuensi harapan*, gunakan frekuensi alel yang telah ditentukan di awal praktikum (perhatikan bahwa frekuensi D = p dan frekuensi d = q). Hitung frekuensi genotip dengan rumus **kesetimbangan Hardy-Weinberg**: $p^2 + 2pq + q^2 = 1$. Jumlah individu harapan untuk setiap genotipe diperoleh dengan mengalikan 50 (total besar populasi) dengan frekuensi harapan. Tuliskan hasil anda pada Tabel II.
- Hitung frekuensi alel W dan alel w dari jumlah genotipe hasil pengacakan tersebut diatas. Contoh :

$$\text{Frekuensi alel W} = \frac{\text{Jumlah genotipe DD} + \frac{1}{2} \text{jumlah genotipe Dd}}{\text{Total}}$$

Tabel II. Frekuensi harapan atas populasi manik-manik/kelereng berdasarkan kesetimbangan Hardy-Weinberg

Pasangan Gamet (genotipe individu)	Rumus genotip awal (Hardy-Weinberg)	Frekuensi alel	Frekuensi harapan
DD	p^2		
Dd	$2pq$		
.dd	q^2		
Total		50	100

- Untuk membandingkan hasil pengamatan dengan harapan, anda dapat menggunakan uji statistik, khi-kuadrat (*Chi-square*). Hasil penghitungan dimasukkan pada Tabel III.

Tabel III. Uji chi-kuadrat untuk membandingkan hasil pengamatan dan harapan

No.	Genotip	Hipotesis	Pengamatan (o)	Harapan (e)	d (o-e)	d ² /e
1.	DD					
2.	Dd					
3.	dd					
Total						

$$X^2 = 3.841 \text{ (db=1, } \alpha = 0.05)$$

Pertanyaan

1. Tentukan warna manik-manik atau kelereng dan lambang untuk frekuensi alel, berapa jumlah individu diploid dalam populasi di atas?, apa warna untuk individu dominan homozigot?, apa warna untuk individu resesif homozigot?, apa warna untuk individu heterozigot?, perkirakan frekuensi genotipe di dalam populasi pada generasi berikutnya.
2. Berapa proporsi dominan homozigot di dalam populasi?, berapa proporsi resesif homozigot di dalam populasi?, berapa proporsi heterozigot di dalam populasi?
3. Perhatikan hasil pengamatan dan harapan, apakah kedua hasil tersebut tetap? Jika tidak, bagaimana anda menjelaskannya?
4. Jika anda melanjutkan praktikum sampai generasi ke-25, apa yang terjadi terhadap frekuensi? Jelaskan!

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, Tanpa tahun. Pengujian kesetimbangan Hardy Weimberg. http://bima.ipb.ac.id/~tpb-ipb/materi/prak_biologi/PENGUJIAN%20KESETIMBANGAN%20HARDY.pdf
- Anonim. 1994. Polytene Chromosomes from Salivary Glands. http://www.woodrow.org/teachers/bi/1994/polytene_chromosomes.html.
- Anonim. Tanpa tahun. Polytene Chromosome. http://www.ucsf.edu/sedat/polytene_chrom.html.
- Anonim. Tanpa tahun. Polytene Chromosome, Endoreplication and Puffing. <http://www.sdbonline.org/fly/aimorph/puffing.htm>.
- Anonim. Tanpa tahun. Polytene Chromosome. http://en.wikipedia.org/wiki/Polytene_chromosome.
- Campbell, Neil A, Jane BR. 2002. *Biologi, Edisi Kelima, Edisi ke-5*. Jakarta: Erlangga.
- Corebima AD. 1994. *Genetika*. UM Malang Press. Malang.
- Gardner EJ. 1991. *Principles of Genetics*. John Wiley and Sons. New York.
- Iskandar DT. 1987. *Penuntun Praktikum Genetika*, ITB. Bandung,
- Kimball JW. 1990. *Biologi Jilid I*. Erlangga. Jakarta.
- Standfield WD, Jaime SC, Raul JC. 2006. *Schaum's Easy Outline Biologi Molekuler dan sel*. Jakarta: Erlangga.
- Suryo. 1982. *Petunjuk Pratikum Genetika, Laboratorium Genetika, Fakultas Biologi UGM*. Yogyakarta.
- Suryo. 1986. *Genetika Manusia*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Wheeler MR. 1985. *Studies In Genetics VII*. University Of Texas. Texas.
- Yuwono T. 2005. *Biologi Molekuler*. Jakarta: Erlangga.