

Penerapan *Pattern Matching* dalam Penentuan Pewarisan Sifat Genetis Tetua pada Anaknya

Mohamad Rivai Ramandhani-13511043

Program Studi Teknik Informatika

Sekolah Teknik Elektro dan Informatika

Institut Teknologi Bandung, Jl. Ganesha 10 Bandung 40132, Indonesia

13511043@std.stei.itb.ac.id

Abstract—Sifat-sifat pada makhluk hidup dapat diturunkan dari tetua atau parental ke anaknya atau filial, pewarisan sifat ini mengikuti suatu pola tertentu. Berdasar pola pewarisan ini, dengan mengetahui sifat-sifat yang dimiliki parental, bisa ditentukan sifat-sifat mana saja yang diturunkan dan nampak pada filial, sehingga berbagai rekayasa genetika bisa dilakukan untuk menghasilkan bibit unggul dan keturunan yang lebih baik.

Index Terms—filial, parental, pewarsian sifat, rekayasa genetika.

I. PENDAHULUAN

Makhluk hidup pada umumnya dan manusia pada khususnya memiliki sifat-sifat bawaan dari lahir yang diakibatkan atas kepemilikan gen-gen tertentu pada diri mereka. Jika diperhatikan, tiap individu memiliki sifat-sifat tersebut disertai dengan persamaan dan perbedaan sifat antar individu lainnya yang mencirikan individu tersebut dari yang lain. Sifat-sifat ini diwarisi oleh orang tua kepada anak-anaknya dengan mengikuti suatu pola tertentu yang disebut pola hereditas.

Pola hereditas ini telah berhasil diidentifikasi sehingga jika diketahui sifat-sifat yang dimiliki tetua (parental), maka bisa ditentukan pula sifat-sifat yang merupakan gabungan dari sifa-sifat tetuanya yang mungkin dimiliki oleh keturunannya (filial). Untuk melakukan hal ini diperlukan informasi mengenai sifat dominan dan resesif yang dimiliki oleh orang tua.

Dengan mengetahui pola hereditas yang terjadi, berbagai manfaat terutama di bidang rekayasa genetika dapat ditemukan, misalnya kemampuan untuk menghasilkan keturunan dengan sifat-sifat yang baik dan bisa dihasilkannya varietas tanaman dan hewan yang tergolong sebagai bibit unggul.

II. LANDASAN TEORETIS

A. Hereditas

Dalam genetika atau ilmu yang mempelajari tentang gen, sifat atau karakteristik suatu individu ditentukan oleh genotipe, yaitu sifat yang ditentukan oleh gen, dan

fenotipe, yang merupakan penampakan sifat sebagai hasil interaksi antara genotipe dengan lingkungannya, yang dimiliki oleh masing-masing individu.

Hereditas adalah penurunan sifat dari induk kepada keturunannya. Keturunan yang dihasilkan dari perkawinan antar individu mempunyai perbandingan fenotipe dan genotipe yang mengikuti aturan tertentu. Aturan-aturan tersebut disebut pola hereditas.^[1]

Hereditas termasuk kedalam ilmu genetika yang mempelajari tentang bagaimana suatu sifat, karakteristik diwariskan dari suatu generasi makhluk hidup ke generasi berikutnya.

B. Hukum Mendel

Pada 1865, Gregor Mendel berhasil mengemukakan teori pertama tentang pewarisan sifat yang bisa diterima dan dapat dibuktikan kebenarannya.^[1] Mendel mengajukan teori yang didasarkan pada penelitian persilangannya yang sangat terkenal yang menggunakan berbagai varietas kacang kapri. Mendel memilih kacang kapri sebagai objek percobaannya dengan pertimbangan bahwa tumbuhan ini memiliki varietas sifat yang berbeda dan mencolok yang sangat beragam, seperti warna bunga yang bisa berwarna merah, putih, ungu, dan tekstur dari bijinya, bulat atau keriput, dan berbagai sifat lainnya.

Mendel menuliskan hasil percobaannya dalam makalahnya yang berjudul *Experiment in Plant Hybridization*. Makalah ini berisi tentang hipotesis Mendel tentang pewarisan material genetik dari tetua kepada anaknya. Dari hipotesis inilah kemudian muncul yang disebut sebagai *Hukum Mendel I* atau *Hukum Segregasi* dan *Hukum Mendel II* atau *Hukum Perpaduan Bebas*.



Gambar 1. Gregor Mendel (Sumber : Encarta Library 2005)

Hukum Segregasi atau Hukum Mendel I menyatakan bahwa dalam pembentukan sel gamet (sel sperma/telur), pasangan alel (dengan alel adalah suatu bentuk alternatif dari gen) akan memisah secara bebas. Hukum ini didapat dari hasil percobaan monohibrid yang dilakukan Mendel terhadap persilangan berbagai varietas tanaman kapri. Hasil percobaan Mendel tersebut terangkum pada Tabel 1 dan 2 di bawah.

Sifat	Persilangan	Tanaman F ₁
Bentuk biji	bundar >> keriput	100 % bundar
Warna albumen	kuning >> hijau	100 % kuning
Warna bunga	merah-ungu >> putih	100 % merah-ungu
Bentuk polong	gembung >> berkerut	100 % gembung
Warna polong	hijau >> kuning	100 % hijau
Kedudukan bunga	aksial >> terminal	100 % aksial
Tinggi tanaman	tinggi >> pendek	100 % tinggi

Tabel 1. Data persilangan dan generasi F₁ dari percobaan Mendel

Dari generasi F₁ yang dihasilkan, tanaman pada generasi ini dipersilangkan untuk menghasilkan generasi F₂ berikut.

Sifat	Dominan	Resesif	Perbandingan
Bentuk biji	5474 bundar	1850 keriput	2.96 : 1
Warna albumen	6022 kuning	2001 hijau	3.01 : 1
Warna bunga	705 merah-ungu	224 putih	3.15 : 1
Bentuk polong	882 gembung	299 berkerut	2.95 : 1
Warna polong	428 hijau	152 kuning	2.85 : 1
Kedudukan bunga	451 aksial	207 terminal	3.14 : 1
Tinggi tanaman	787 tinggi	277 pendek	2.84 : 1

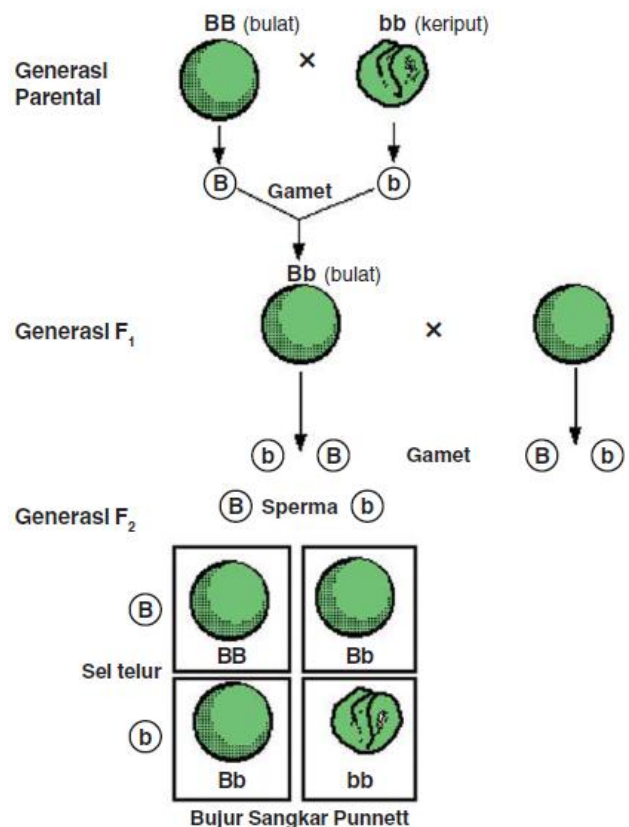
Tabel 2. Data F₂ percobaan Mendel

Dari tabel di atas, terlihat bahwa pada seluruh tanaman generasi F₁, hanya ciri sifat dari salah satu tetuanya yang muncul, sedangkan sifat dari tetua yang lain

tidak muncul. Sifat-sifat yang muncul pada generasi F₁ inilah yang kemudian disebut sifat *dominan*, sementara sifat yang tidak muncul disebut sifat *resesif*.

Pada generasi F₂, yaitu generasi yang didapat dari hasil persilangan generasi F₁, ciri sifat yang tidak muncul pada generasi F₁ muncul kembali, misalnya biji bundar dan biji keriput. Dari percobaan untuk seluruh sifat itu, Mendel menyimpulkan terdapat perbandingan 3:1 antara ciri dominan dengan ciri resesif yang muncul pada generasi F₂ ini.

Berdasar hasil percobaan ini, Mendel menyimpulkan bahwa pada saat pembentukan gamet, terjadi pemisahan bebas pasangan gen-gen yang dikandung oleh tetua/induk (parental), sehingga setiap gen memperoleh satu gen dari alelnya. Misal induk yang memiliki pasangan gen Bb (F₁), akan menghasilkan gamet B dan b, hal ini yang disebut Hukum Segregasi atau Hukum Mendel I. Dan jika terjadi perkawinan antara induk jantan dan betina tersebut, gamet B dan b akan bergabung secara acak sehingga dihasilkan F₂ dengan perbandingan fenotipe 3:1. Percobaan monohibrid ini bisa diperhatikan melalui gambar di bawah ini.



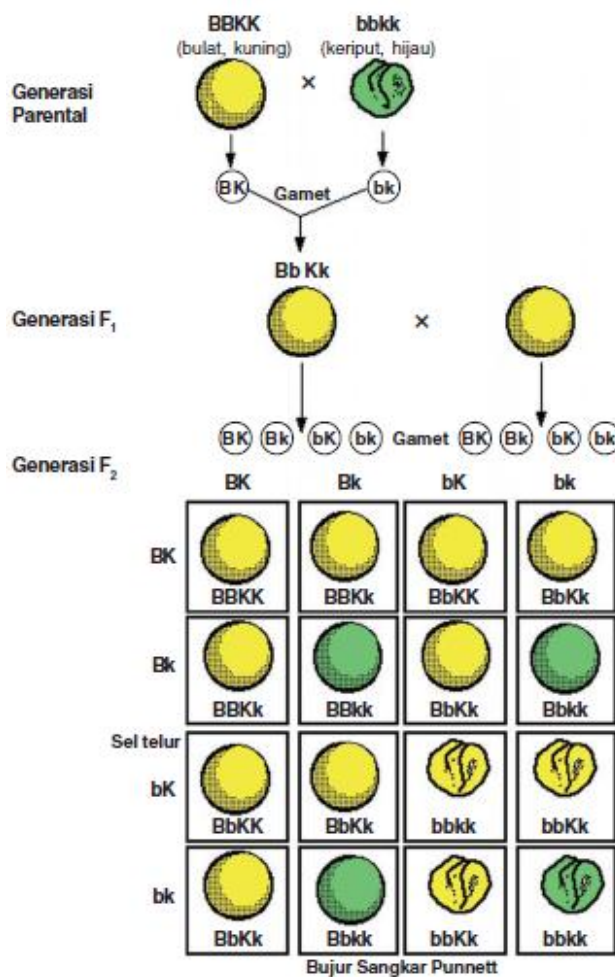
Gambar 2. Hasil percobaan monohibrid Mendel, antara biji bulat dengan biji keriput (Sumber : image.google.co.id)

Pada Hukum Mendel II atau Hukum Perpaduan Bebas, Mendel menyatakan bahwa alel dari suatu lokus akan berpadu secara bebas dengan alel-alel dari lokus lainnya. Hukum ini didapat Mendel berdasar hasil percobaannya yang melibatkan dua sifat sekaligus, yang disebut

percobaan dihibrid.

Hukum Perpaduan Bebas ini dirumuskan dari hasil observasi terhadap penyebaran fenotipe generasi F₂ persilangan dihibrid. Pada generasi F₂, Mendel memperoleh perbandingan fenotipe 9:3:3:1.

Persilangan dihibrid ini bisa dilakukan misalnya antara biji bundar kuning dengan biji keriput hijau. Pada generasi F₁ diperoleh hasil biji bundar kuning. Hal ini terjadi karena setiap gen dapat berpasangan secara bebas. Dengan demikian biji bundar dominan terhadap biji keriput, dan biji kuning dominan terhadap biji hijau. Persilangan antara F₁ menghasilkan generasi F₂ dengan perbandingan fenotipe antara bulat kuning : keriput kuning : bulat hijau : keriput hijau = 9:3:3:1. Percobaan ini bisa digambarkan sebagai berikut.

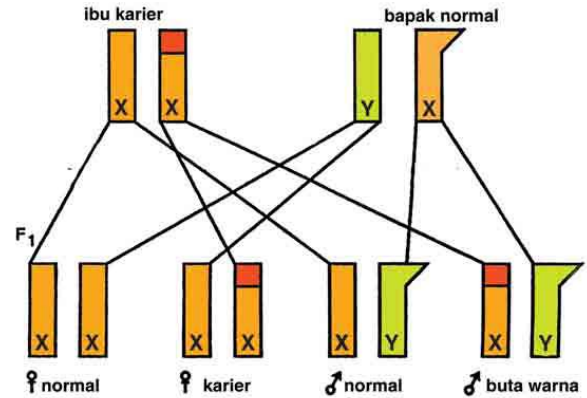


Gambar 3. Persilangan dihibrid Mendel (Sumber : image.google.co.id)

C. Hereditas pada Manusia

Sifat-sifat pada manusia diturunkan mengikuti pola tertentu. Hal ini dapat dipelajari dengan menggunakan peta silsilah keluarga. Sifat-sifat yang dapat diturunkan ini termasuk cacat atau abnormalitas dan penyakit menurun serta pewarisan golongan darah. Cacat yang bisa

diturunkan dari orang tua ke anak di antaranya adalah gangguan mental, cacat buta warna, dan albino.



Gambar 4. Hereditas pada manusia dalam pewarisan sifat buta warna (Sumber : image.google.co.id)

D. Pencarian String

Persoalan pencarian *string* (*string matching*) atau biasa disebut juga pencocokkan *string* adalah persoalan untuk menentukan atau mencari lokasi pertama dari suatu *'pattern'*, yaitu sebuah *string* dengan panjang *m* karakter, pada suatu *'teks'* yang juga merupakan *string* dengan panjang *n* dan *n* lebih besar dari *m*.

Instans dari persoalan pencarian *string* bisa ditinjau dari contoh berikut. Misal teks adalah *string* "ibu pergi belanja ke pasar", dan *pattern* adalah "belanja", maka persoalan pencarian *string* untuk instans ini adalah persoalan untuk menentukan posisi pertama dari *pattern* "belanja" pada teks tersebut di atas. Solusi dari persoalan ini yaitu lokasi pada teks tempat *pattern* muncul pertama kali.

Pencarian *string* memiliki banyak kegunaan misalnya pencarian suatu *string* pada dokumen, analisis leksikal, deteksi kesalahan dan berbagai aplikasi lainnya.

E. Algoritma Brute Force pada Pencarian String

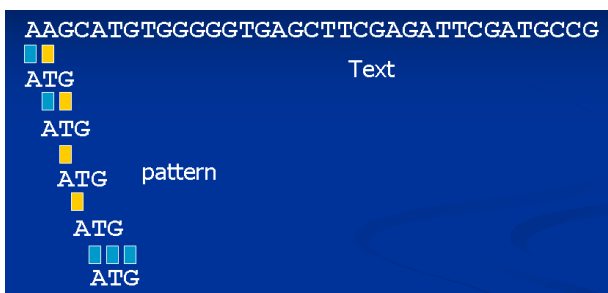
Algoritma untuk menyelesaikan persoalan pencarian *string* telah banyak dikembangkan, diantaranya algoritma *brute force*, algoritma Knuth-Morris-Pratt (KMP), dan algoritma Boyer Moore (BM).

Pada algoritma *brute force*, pencarian *string* dilakukan secara sederhana dengan membandingkan satu per satu tiap katakter pada *pattern* dengan katakter pada posisi yang bersesuaian dari teks mulai dari kiri ke kanan, jika terjadi ketidakcocokkan, posisi untuk membandingkan dari teks digeser satu karakter ke kanan. Selengkapnya adalah seperti berikut:

1. Misal teks adalah sebuah *array* T[1..n] dan *pattern* adalah *array* P[1..m], maka mula-mula P akan dicocokkan dengan awal teks T pada indeks 1.
2. Dari kiri ke kanan, setiap karakter pada P dibandingkan dengan katakter pada T dengan posisi indeks yang bersesuaian, dan menghasilkan dua kasus berikut:

- Jika kedua karakter cocok, tes apakah sudah semua karakter pada P diperbandingkan, jika belum geser indeks perbandingan ke kanan satu karakter, jika sudah berarti P ditemukan di dalam T, selesai.
- Jika kedua katakter tidak cocok, indeks perbandingan P diulang dari 1, dan indeks perbandingan T digeser satu karakter ke kanan, jika indeks tersebut lebih dari n, maka P tidak ditemukan didalam P, pencarian gagal.

Contoh penerapan algoritma *brute force* untuk menyelesaikan persoalan pencarian string bisa dilihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 5. Contoh penerapan algoritma *brute force* untuk menyelesaikan persoalan pencarian *string* (Sumber : image.google.co.id)

Contoh penerapan algoritma *brute force* untuk menyelesaikan persoalan pencarian *string* di atas merupakan salah satu contoh penerapan *string matching* di bidang keilmuan biologi, terlihat bahwa teks berisikan *string* “AACGATGTG...” Sementara *pattern* adalah *string* “ATG” yang akan dicari pada teks. Pencarian dilakukan dengan meng-*align* posisi karakter pertama dari teks dengan karakter pertama dari *pattern*, kemudian diperbandingkan nilainya dari kiri ke kanan. Dari gambar tersebut, ketika perbandingan berhasil (*match*) akan ditunjukkan dengan segiempat biru, dan jika tidak *match* ditunjukkan dengan segiempat kuning, yang kemudian posisi *pattern* di-*align* sedemikian dengan menggesernya satu karakter ke kanan.

III. ANALISIS

Pada penentuan pewarisan sifat genetik ini diperlukan masukan berupa ciri khas dari tetua, yaitu sifat-sifat yang dimiliki oleh induk jantan dan betina (atau ayah dan ibu). Agar persilangan yang ditinjau hanya melibatkan dua sifat beda seperti yang dilakukan pada percobaan Mendel, maka masukan tadi hanya dibatasi hanya berisi dua sifat tetua yang akan ditentukan pewarisannya kepada anak-anaknya.

Masukan inilah yang menjadi teks untuk dicari *pattern* di dalamnya. *Pattern* yang digunakan pada pencarian

string ini adalah sifat-sifat yang telah terkategoriisasi menjadi sifat dominan dan sifat resesif. Struktur dat untuk menyimpan sifat-sifat dominan dan resesif itu diimplementasikan dengan menyimpan sebuah tabel yang berisi sifat-sifat yang telah terdefinisi sebagai sifat dominan dan sifat resesif, instans dari tabel tersebut bisa dilihat sebagaimana tabel di bawah.

	Dominant Traits	Recessive Traits
eye coloring	brown eyes	grey, green, hazel, blue eyes
vision	farsightedness	normal vision
	normal vision	Nearsightedness
	normal vision	night blindness
	normal vision	color blindness
hair	dark hair	blonde, light, red hair
	non-red hair	red hair
	curly hair	straight hair
	full head of hair	Baldness
	widow's peak	normal hairline
facial features	dimples	no dimples
	unattached earlobes	attached earlobes
	freckles	no freckles
	broad lips	thin lips
appendages	extra digits	normal number
	fused digits	normal digits
	short digits	normal digits
	fingers lack 1 joint	normal joints
	limb dwarfing	normal proportion
	clubbed thumb	normal thumb
	double-jointedness	normal joints
other	immunity to poison ivy	susceptibility to poison ivy
	normal pigmented skin	Albinism
	normal blood clotting	Hemophilia
	normal hearing	congenital deafness
	normal hearing and speaking	deaf mutism
	normal no PKU	phenylketonuria (PKU)

Tabel 3. Karakteristik dominan dan resesif

Terlihat bahwa sifa-sifat itu dikelompokkan berdasarkan pengaruhnya terhadap penampakan individu

seperti warna mata, bentuk rambut, serta fitur-fitur pada wajah.

Untuk setiap entri pada tabel sifat dominan dan resesif tersebut, entri itu dijadikan sebagai *pattern* yang dicari di teks yang ingin ditinjau. Berdasar kedua sifat orang tua yang ditemukan pada teks, kemudian dibentuk bujur sangkar Punnet yang diimplementasikan berupa tabel dua dimensi dengan *header* pada *row* dan *column* adalah hasil pemisahan gen secara bebas sebagaimana dinyatakan pada Hukum Mendel I.

Teks : Induk jantan memiliki mata berwarna coklat dan rambut yang keriting, sedangkan induk betina memiliki mata berwarna biru.

Sifat 1:	Warna mata
Mata Coklat:	Brown
Mata Biru:	nonbrown
Sifat 2:	Rambut
Rambut keriting:	CURLY
Tidak dispesifikasikan:	noncurly

Tabel 4. Data-data yang disimpan untuk penentuan pewarisan sifat

Jika terdapat sebuah sifat yang didefinisikan untuk salah satu pihak tetua tapi tidak didefinisikan untuk tetua lainnya, akan dianggap bahwa tetua yang lainnya itu memiliki sifat resesifnya. Seperti terlihat pada contoh di atas, pada induk jantan didefinisikan memiliki rambut keriting, sedangkan pada induk betina hanya didefinisikan warna matanya, sehingga untuk sifat rambut, induk betina dianggap memiliki gen dari sifat resesif.

BROWNCURLY	nonbrownnoncurly
BROWNnonbrown	CURLYnoncurly

Tabel 5. Gamet yang dihasilkan

Dari sel gamet yang dihasilkan sesuai dengan gen yang bersesuaian, dihasilkan hasil persilangan secara otomatis kombinasi dari masing-masing gamet itu menghasilkan organisme filialnya.

	BROWNCURLY	BROWNnoncurly
BROWNCURLY	BROWNBROWNCURLYCURLY	BROWNBROWNCURLYnoncurly
BROWNnoncurly	BROWNBROWNCURLYcurly	BROWNBROWNnoncurlynoncurly
nonbrownCURLY	BROWNnonbrownCURLYCURLY	BROWNnonbrownCURLYnoncurly
Nonbrownnoncurly	BROWNnonbrownCURLYcurly	BROWNnonbrownnoncurlynoncurly

	nonbrownCURLY	nonbrownnoncurly
BROWNCURLY	BROWNnonbrownCURLYCURLY	BROWNnonbrownCURLYnoncurly
BROWNnoncurly	BROWNnonbrownCURLYnoncurly	BROWNnonbrownnoncurlynoncurly
nonbrownCURLY	nonbrownnonbrownCURLYCURLY	nonbrownnonbrownCURLYnoncurly
Nonbrownnoncurly	nonbrownnonbrownCURLYnoncurly	nonbrownnonbrownnoncurlynoncurly

Tabel 6. Contoh bujur sangkar Punett yang dibangkitkan

Setiap sifat direpresentasikan dengan *string* unik bagi setiap sifat dominan dan resesifnya. Hasil dari penentuan pewarisan sifat bisa dilihat dari hasil yang ditampilkan pada bujur sangkar Punett yang dibangkitkan, pada kasus di atas, fenotipe yang nampak dari hasil persilangan adalah dengan genotype sebagaimana pada bujur sangkar Punett di atas.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil analisis dan implementasi yang telah dibahas, penulis menyimpulkan bahwa dengan mengetahui sifat-sifat yang dimiliki tetua, sifat-sifat yang mungkin untuk diturunkan pada keturunannya bisa dilakukan sebagaimana yang diteorikan oleh Mendel dalam Hukum Mendel I dan Hukum Mendel II.

Saran yang bisa penulis berikan yaitu agar aplikasi penerapan patten matching dalam penentuan pewarsian sifat genital orang tua pada anak ini bisa dikembangkan dengan mempertimbangkan penyimpangan-penyimpangan hukum Mendel seperti yang terjadi pada kenyataannya. Penyimpangan-penyimpangan pada hukum Mendel ini diantaranya adalah kriptomeri, polimeri, epistasis dan hypostasis. Dengan mengembangkan aplikasi ini agar mempertimbangkan penyimpangan-penyimpangan tersebut, lebih banyak kasus persilangan yang bisa dilakukan otomatisasi atas penentuan pewarisannya.

REFERENSI

- [1] Munir, Rinaldi, 2009, Diktat Kuliah IF3051 Strategi Algoritma, Program Studi Teknik Informatika ITB.
- [2] <http://www.sibarasok.com/2013/05/hereditas-pada-manusia.html>, diakses pada tanggal 19 Desember 2013, pukul 9:53 WIB.

- [3] biologipaspada.wordpress.com/2012/10/30/d-prinsip-hereditas-dan-mekanisme-pewarisan-sifat, diakses pada tanggal 19 Desember 2013, pukul 9:53 WIB.
- [4] <http://kusmandanuunindra4.blogspot.com/2008/04/daftar-istilah-biologi.html>, diakses pada tanggal 19 Desember 2013, pukul 6:21 WIB.
- [5] <http://kusmandanuunindra4.blogspot.com/2008/04/daftar-istilah-biologi.html>, diakses pada tanggal 19 Desember 2013, pukul 6:21 WIB. Rachmawati, FAidah dkk, 2009, "Biologi untuk SMA/MA Kelas XII Program IPA", Jakarta: Pusat Perbukuan, Departemen Pendidikan Nasional.

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa makalah yang saya tulis ini adalah tulisan saya sendiri, bukan saduran, atau terjemahan dari makalah orang lain, dan bukan plagiasi.

Bandung, 18 Desember 2013

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'M. Rivai Ramandhani'. The signature is stylized and includes a small 'RAMI' written below it.

Mohamad Rivai Ramandhani-13511043