

## PEMODELAN SISTEM PEWARISAN GEN MANUSIA BERDASARKAN HUKUM MENDEL DENGAN ALGORITMA BRANCH AND BOUND

*Eneng Tita Tosida dan Dian Kartika Utami*  
FMIPA UNPAK BOGOR

### Abstrak

Perkembangan teknologi informatika saat ini telah melintasi berbagai bidang dan salah satunya adalah dimanfaatkan untuk memodelkan kondisi biologis manusia melalui ilmu genetika. Prinsip tentang gen dan pewarisan sifat yang dikukuhkan dalam Hukum Mendel dapat dimodelkan dengan *Algoritma Branch and Bound* melalui penggunaan Bahasa Pemrograman Visual Basic 5. Model sistem yang dibangun melalui pendekatan *System Development Life Cycle* ini dimaksudkan untuk memudahkan proses pewarisan gen dan penggenerasian, dengan visualisasi berupa diagram pohon dan grafik yang menunjukkan peluang pewarisan gen. Berbagai istilah yang umum digunakan dalam sistem pewarisan gen pada manusia juga diinformasikan dalam model sistem ini dan dikemas dalam bentuk kamus data, sehingga memudahkan pengguna dalam pemanfaatan model ini.

**Keyword :** Model, Gen, Hukum Mendel, Algoritma Branch and Bound, System Development Life Cycle

### PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi informasi telah merambah ke bidang biologi. Dalam dunia biologi teknologi informasi digunakan para ilmuwan untuk mempermudah proses penelitian. Seperti halnya penelitian pada genetika manusia. Secara biologis, seorang anak selalu mewarisi gen dari ayahnya. Gen tersebutlah yang membawa sifat-sifat tertentu, baik yang tampak secara fisik, maupun yang tidak tampak secara fisik. Prinsip tentang gen dan pewarisan sifat modern pertama kali dikemukakan oleh Gregor Mendel. Mendel mempelajari 7 jenis sifat yang diturunkan pada tanaman buncis dan menemukan teori persilangan untuk gen-gen yang independen. Teori tersebut menyatakan bahwa gen dari anak merupakan perpaduan (persilangan) dari gen-gen kedua orang tuanya.

Gen didefinisikan sebagai interval sepanjang molekul-molekul DNA. Sebagian besar gen membawa informasi yang dibutuhkan dalam membuat protein. Manusia memiliki sel-sel dengan 46 kromosom, 2 seks kromosom, dan 22

pasang non seks kromosom (*autosom*). Kromosom pada pria adalah "46, XY" dan kromosom pada wanita adalah "46, XX". Kromosom terdiri atas kombinasi protein-protein dan molekul-molekul DNA yang sangat panjang. Peluang seorang anak untuk mewarisi gen tertentu dapat dihitung dengan sistem yang mengacu pada algoritma genetika. Untuk meneliti pewarisan gen pada manusia maka perlu dilakukan pemodelan atau representasi peluang dari perkawinan dan pewarisan gen-gen dalam suatu keluarga.

Teknologi informasi dengan melibatkan algoritma *branch and bound* dapat dimanfaatkan untuk membuat model sistem hereditas (pewarisan) gen pada manusia. Model sistem pewarisan gen pada manusia dengan algoritma tersebut diharapkan dapat digunakan untuk mengetahui seberapa besar peluang atau persentasi pewarisan gen-gen dari hasil perpaduan (persilangan) gen-gen yang berasal dari kedua orang tuanya.

Penelitian ini bertujuan merancang dan mengimplementasikan Model Sistem Pewarisan Gen pada Manusia Berdasarkan

Pemodelan Sistem Pewarisan Gen Manusia .....(Eneng Tita dan Dian)

Hukum Mendel Dengan *Algoritma Branch and Bound* Menggunakan *Microsoft Visual Basic.NET 2005* sebagai alat bantu dalam upaya memberikan informasi seberapa besar peluang atau persentasi perpaduan (pewarisan) gen-gen orang tua kepada anaknya. Pewarisan dapat dilihat dengan bentuk pohon pewarisan gen, yang ditampilkan secara menarik melalui antar muka pengguna.

## METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi penelitian yang dilakukan untuk merancang dan mengimplementasikan Model Sistem Pewarisan Gen-Gen pada Manusia dengan *Algoritma Branch and Bound* menggunakan pendekatan *System Development Life Cycle (SDLC)*. Tahapan-tahapan pelaksanaan penelitian disajikan dalam bentuk diagram alir pada Gambar 1. Adapun penjelasan dari setiap tahapan adalah sebagai berikut :

### Tahap Perencanaan

Pada tahap perencanaan yang dilakukan yaitu pengumpulan data. Data yang dikumpulkan adalah data yang berkaitan dengan Pemodelan Sistem Pewarisan Gen pada Manusia dengan *Algoritma Branch and Bound*. Data-data yang dikumpulkan berasal dari internet, buku dan konsultasi langsung dengan ahli genetika, setelah data diperoleh, selanjutnya data diolah untuk perencanaan pembuatan simulasi.

### Tahap Analisis

Pada tahap analisis dilakukan analisis kebutuhan sistem. Hasil dari analisis kebutuhan sistem ini diperlukan sebagai acuan dalam menyusun spesifikasi sistem yang akan dibangun. Sebelum masuk pada tahap perancangan Model Sistem Pewarisan Gen pada Manusia, terlebih dahulu dilakukan analisis terhadap sistem yang akan berjalan. Tahap analisis yang dilakukan adalah memahami

Pewarisan Gen pada Manusia itu sendiri sesuai dengan teori pewarisan Mendel, mengidentifikasi permasalahan apa yang sedang dihadapi dan kemudian menarik kesimpulan dari proses analisis yang telah dilakukan. Inti dari tahap analisis ini adalah untuk mengidentifikasi permasalahan yang ada, untuk mengetahui apa yang akan dilakukan untuk memecahkan permasalahan tersebut.

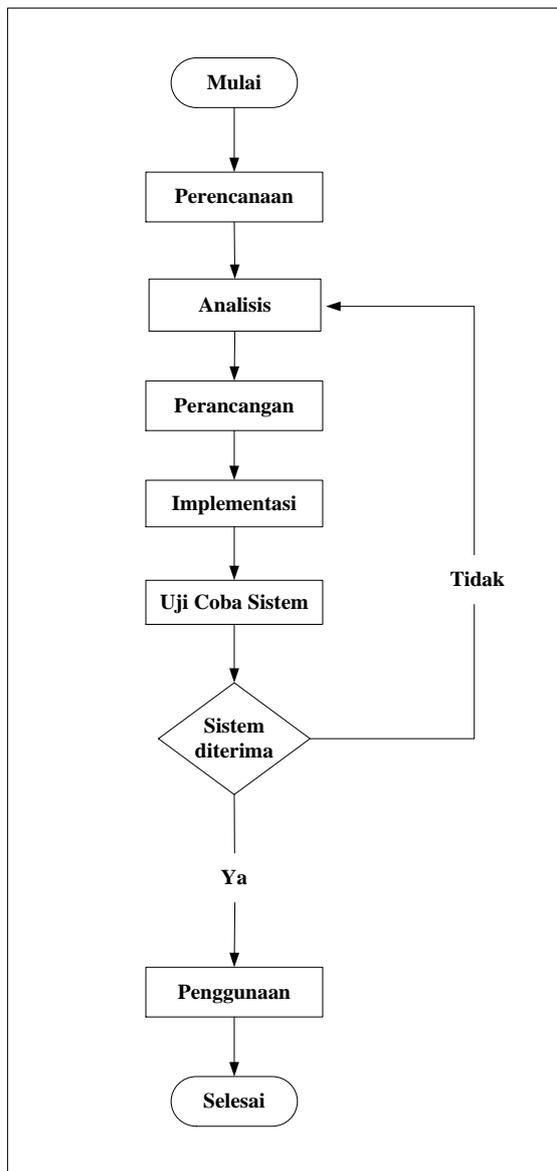
Permasalahan dapat diidentifikasi melalui kendala yang dihadapi selama ini. Umumnya terjadi pada saat melakukan perhitungan peluang pewarisan gen manusia pada seorang anak yang masih dilakukan dengan perhitungan yang manual. Hal tersebut membuat sebagian pihak kesulitan dalam mengkalkulasi genetika yang diwariskan dari hasil persilangan gen orangtua kepada anaknya. Oleh karena itu perlu dibuat model system pewarisan dengan perhitungan yang otomatis namun tetap mengikuti kaidah perhitungan gen yang dapat ditelusuri melalui *algoritma Branch and Bound*.

### Tahap Perancangan

Perancangan pada proses pembuatan sistem ini untuk menentukan peluang pewarisan gen dari hasil persilangan gen orangtua, variable gen, gen dominan dan resesif dan kalkulasi genetika. Pada tahap perancangan sistem ini menggunakan proses sistem berdasarkan hukum mendel dengan *Algoritma Branch and Bound* yang berbentuk pohon pewarisan gen. Pada tahap ini juga dilakukan pembuatan Flowchart sistem berupa bagan yang menunjukkan alur kerja apa yang sedang dikerjakan didalam sistem secara keseluruhan dan menjelaskan urutan dari prosedur-prosedur yang ada didalam sistem. Perancangan selanjutnya yang perlu disusun adalah perancangan input, proses dan output sistem yang satu sama lain terintegrasi membentuk model sistem pewarisan gen.

**Tahap Implementasi**

Tahap implementasi sistem merupakan proses pengaplikasian hasil perancangan kedalam bahasa pemrograman tertentu untuk menghasilkan Model Sistem Pewarisan Gen pada Manusia dengan Algoritma Branch and Bound menggunakan *Microsoft Visual Basic.NET 2005*.



**Gambar 1.** System Development Life Cycle

**Tahap Uji Coba Sistem**

Tahapan ini berfungsi untuk mengoreksi sistem yang dibuat apakah sudah memenuhi kriteria kerja. Tahapan ini

terdiri dari tiga komponen. Pertama uji coba struktural untuk menguji kesesuaian antara hasil pemodelan sistem dengan rancangan. Kedua uji coba fungsional untuk menguji setiap form atau tombol atau fungsi lainnya berfungsi dengan benar atau tidak. Ketiga uji validasi untuk menguji kebenaran dari seluruh proses matematis kemudian dibandingkan antara model sistem dan perhitungan secara manual.

**Tahap Penggunaan**

Setelah model sistem pewarisan gen pada manusia telah melalui tahap pengujian, aplikasi model ini dapat diterapkan atau diimplementasikan pada ilmu pengetahuan bidang biologi, khususnya dalam genetika.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**Antarmuka Pengguna (User Interface)**

Antarmuka berperan dalam melakukan suatu kontrol komunikasi antara pengguna yang memberikan dan memasukkan data pada suatu permasalahan dengan sistem yang melakukan pemecahan dari masalah yang diberikan.

**Form Menu Utama**

*Menu utama* yang dirancang memiliki beberapa menu, yaitu: Gen Resesif, Gen Dominan, dan Keluar. Tampilan form Menu Utama akan disajikan pada Gambar 2.

**Form Gen Resesif**

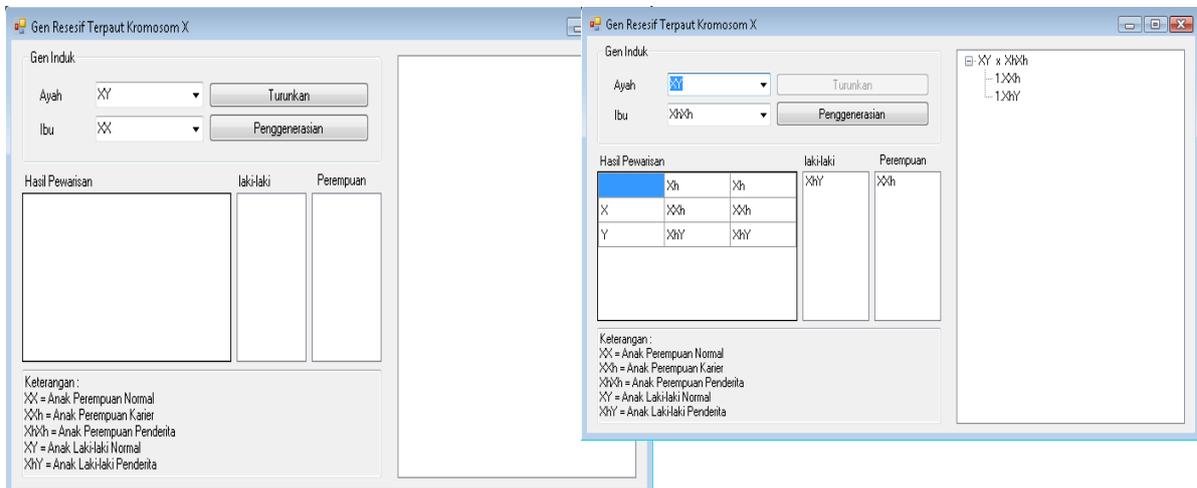
*Form* Gen Resesif mempunyai fungsi untuk melakukan pewarisan gen induk resesif terpaut kromosom X. Pada *form* gen resesif menampilkan hasil pewarisan gen induk. Form gen resesif dan proses pewarisan gen induk pada generasi pertama gen resesif terpaut kromosom x dapat dilihat pada Gambar 3. Proses penggenerasian berikutnya, dapat dilakukan dengan mengklik button penggenerasian. Pada model penggenerasian ini hanya mencakup 6 (enam) kondisi induk

yang kemudian dikombinasikan melalui model algoritma *branch and bound*. Lima kondisi anak yang dimaksud dapat dilihat melalui form ini pada bagian pojok kiri

bawah. Melalui model ini maka dapat diperkirakan kondisi generasi selanjutnya hingga batasan yang tidak ditentukan.



**Gambar 2.** Form Menu Utama Model Sistem Pewarisan Gen Pada Manusia

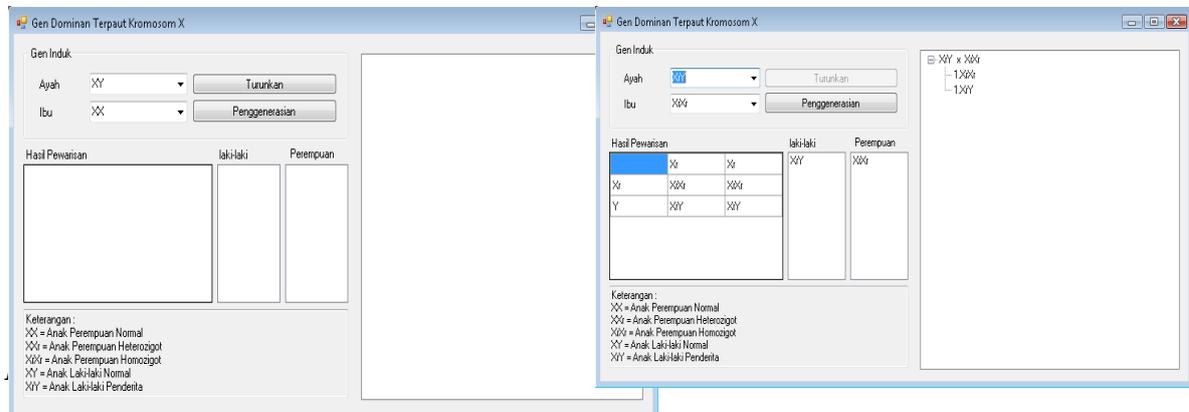


**Gambar 3.** Form Gen Resesif dan Hasil Pewarisan Gen Resesif

**Form Gen Dominan**

Form Gen Dominan mempunyai fungsi untuk melakukan pewarisan gen induk dominan terpaut kromosom X. Sama

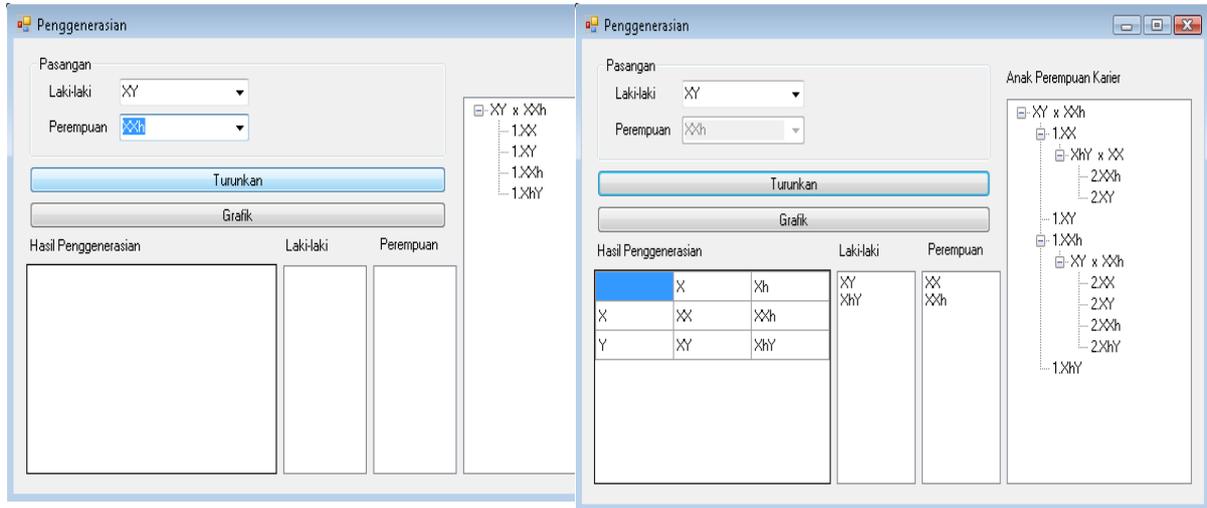
seperti halnya pada form Gen Resesif, dapat menampilkan hasil pewarisan gen induk (Gambar 4).



**Gambar 4.** Form Gen Dominan dan Hasil Pewarisan Gen Dominan

Form penggenerasian mempunyai fungsi untuk melakukan penggenerasian gen berikutnya. Pada form penggenerasian akan menampilkan kalkulasi hasil pewarisan gen

induk dengan gen pasangan. Form penggenerasian dapat dilihat pada Gambar 5.



**Gambar 5.** Proses Penggenerasian Gen Pasangan

Proses penggenerasian dapat dilakukan setelah melakukan pewarisan gen induk terlebih dahulu. Setelah mendapatkan hasil pewarisan gen induk maka proses penggenerasian dapat dilakukan dengan memilih salah satu hasil pewarisan gen induk dan kemudian disilangkan dengan gen pasangan. Kemudian melakukan penghitungan pewarisan gen tersebut dengan mengklik **button Turunkan**. Penggenerasian dapat dilakukan berulang sampai generasi yang diinginkan dengan mengklik **button Generasi Berikutnya** maka penggenerasian dapat dilakukan kembali. Penggenerasian menggunakan Algoritma Branch and Bound dimodelkan melalui Komponen *Tree View* (disebut sebagai Pohon Penggenerasian, seperti terlihat pada Gambar 6.) untuk menunjukkan hirarki proses penggenerasian. Berikut adalah salah satu gambar pohon dari proses pewarisan 2 generasi gen resesif terpaut kromosom x.

$(XY) \times (XXh)$

Generasi I:

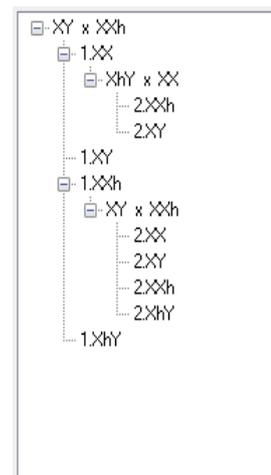
	X	Xh
X	XX	XXh
Y	XY	XhY

Generasi II:  $(XhY) \times (XX)$

	X	X
Xh	XXh	XXh
Y	XY	XY

$(XY) \times (XXh)$

	X	X
Xh	XXh	XXh
Y	XY	XY



**Gambar 6.** Pohon Penggenerasian

Contoh :

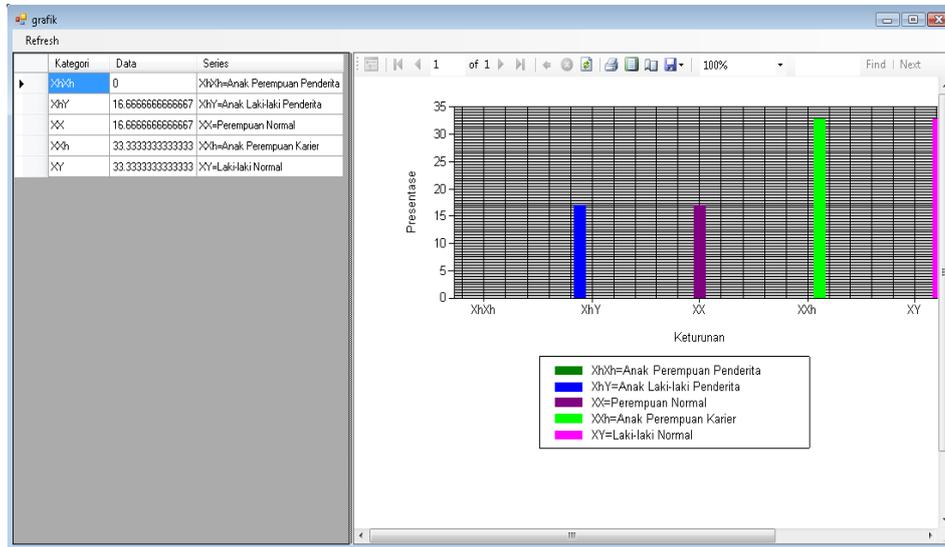
Gen Induk: ayah  $\times$  ibu

Pemodelan Sistem Pewarisan Gen Manusia .....(Eneng Tita dan Dian)

**Grafik**

Grafik pada model sistem pewarisan gen ini berfungsi untuk melihat seberapa besar peluang pewarisan gen pada manusia. Dengan melakukan tahap demi tahap proses pewarisan yang dimulai

dengan menginput gen induk sampai dengan generasi ke *n*, kemudian dapat melihat grafik dengan cara mengklik button **Grafik** pada *form* penggenerasian (seperti terlihat pada Gambar 7).



**Gambar 7.** Grafik Pewarisan Gen

**Hasil Uji Coba**

Uji coba struktural yaitu tahap kesesuaian antara hasil sistem dengan rancangan model sistem pewarisan gen. Pada uji coba struktural ini sistem disusun sesuai dengan rancangan, yaitu mulai dari proses tampilan menu utama, form gen resesif, form gen dominan, form penggenerasian, program pohon dan grafik. Hasil uji coba fungsional yang mencakup Form Menu Utama (Tombol Minimize dan Tombol Close), Form Gen Resesif (Button Turunkan dan Button Penggenerasian),

Form Gen Dominan (Button Turunkan dan Button Penggenerasian), serta Form Penggenerasian (Button Turunkan dan Button Grafik) menunjukkan secara detail dan komprehensif sistem telah berfungsi dengan baik. Adapun uji validasi dilakukan dengan memasukkan input data dan membandingkan antara perhitungan secara sistem dan perhitungan secara manual. Hasil uji coba menunjukkan hasil yang valid, dengan salah satu proses validasi model sistem melalui perhitungan sebagai berikut :

**Proses Perhitungan Manual**

Mencari peluang pewarisan dengan rumus perhitungan manual seperti berikut:

$$\text{Persen keturunan} = \frac{\text{peluang pewarisan tiap gen}}{\text{jumlah peluang pewarisan}} \times 100 \%$$

Contoh mencari peluang pewarisan gen secara manual:

Misalkan mencari peluang pewarisan dari 2 generasi. Gen induk terdiri dari ayah normal (XY) disilangkan dengan ibu karier (XXh).

I. Hasil pewarisan generasi pertama terdiri dari :

- a. Anak perempuan normal (XX) = 1 (satu) peluang pewarisan
- b. Anak laki-laki normal (XY) = 1 (satu) peluang pewarisan
- c. Anak perempuan karier (XXh) = 1 (satu) peluang pewarisan
- d. Anak laki-laki penderita (XhY) = 1 (satu) peluang pewarisan

II. Anak perempuan normal (XX) generasi pertama disilangkan dengan anak laki-laki penderita (XhY) dari persilangan tersebut menghasilkan generasi kedua yang terdiri :

- a. Anak perempuan karier (XXh) = 2 (dua) peluang pewarisan
- b. Anak laki-laki normal (XY) = 2 (dua) peluang pewarisan

III. Anak perempuan karier (XXh) generasi pertama disilangkan dengan anak laki-laki normal (XY) dari persilangan tersebut menghasilkan generasi kedua yang terdiri dari :

- a. anak perempuan normal (XX) = 1 (satu) peluang pewarisan
- b. anak laki-laki normal (XY) = 1 (satu) peluang pewarisan
- c. anak perempuan karier (XXh) = 1 (satu) peluang pewarisan
- d. anak laki-laki penderita (XhY) = 1 (satu) peluang pewarisan

Dari pewarisan 2 generasi tersebut maka dihasilkan 12 peluang pewarisan yang terbagi menjadi; XX = 2, XY = 4, XXh = 4, XhY = 2, dan XhXh = 0, maka persentase keturunannya adalah sebagai berikut:

$$XX = \frac{\text{peluang pewarisan tiap gen}}{\text{Jumlah peluang pewarisan}} \times 100 \% \\ \frac{2}{12} \times 100 \% = 16,66 \%$$

$$XY = \frac{\text{peluang pewarisan tiap gen}}{\text{Jumlah peluang pewarisan}} \times 100 \% \\ \frac{4}{12} \times 100 \% = 33,33 \%$$

$$XXh = \frac{\text{peluang pewarisan tiap gen}}{\text{Jumlah peluang pewarisan}} \times 100 \% \\ \frac{4}{12} \times 100 \% = 33,33 \%$$

$$XhY = \frac{\text{peluang pewarisan tiap gen}}{\text{Jumlah peluang pewarisan}} \times 100 \% \\ \frac{2}{12} \times 100 \% = 16,66 \%$$

$$XhXh = \frac{\text{peluang pewarisan tiap gen}}{\text{Jumlah peluang pewarisan}} \times 100 \% \\ \frac{0}{12} \times 100 \% = 0 \%$$

Kelebihan dan Kekurangan Model Sistem Pewarisan Gen menggunakan Algoritma Branch and Bound. Sistem pewarisan gen pada manusia ini memiliki kelebihan yang diantaranya:

1. Menyediakan informasi Genetika dan Hereditas (Pewarisan) Gen Manusia.
2. Dapat melakukan pewarisan gen sampai generasi yang tidak dibatasi.
3. Menampilkan pohon penggenerasian yang menjelaskan struktur pewarisan.
4. Menampilkan grafik peluang pewarisan gen manusia.
5. Menyediakan kamus data yang menjelaskan istilah-istilah yang digunakan pada Sistem Pewarisan Gen Pada Manusia dan memberi informasi tentang kelainan gen sesuai dengan genotipenya.

Sistem pewarisan gen pada manusia ini juga memiliki kekurangan yang diantaranya:

1. Tampilan pohon penggenerasian masih dalam bentuk *tree view* yang sederhana.
2. Sistem hanya dapat memproses pencarian peluang pewarisan gen induk kepada anaknya.
3. Pewarisan dibatasi dengan gen resesif terpaut kromosom X dan gen dominan terpaut kromosom X.
4. Informasi pewarisan gen hanya dibatasi pada kondisi gen yang umum, dengan dibatasi 5 (lima) kondisi awal (untuk pewarisan terdiri dari 5 kondisi : perempuan normal, perempuan karier, perempuan penderita, laki-laki normal, dan laki-laki penderita, sedangkan untuk penggenerasian terdiri dari 5 kondisi : perempuan normal, perempuan heterozigot, perempuan homozigot, laki-laki normal dan laki-laki penderita) tidak secara spesifik untuk kasus penyakit atau kondisi gen menyimpang.

## KESIMPULAN

Sistem pewarisan gen pada manusia yang didasari Hukum Mendel dapat dimodelkan dengan menggunakan *algoritma branch and bound*. Hasil pemodelan mampu memproses pewarisan gen dan penggenerasian pada manusia ini serta dapat menjadi bahan pertimbangan untuk menganalisis kasus pewarisan gen yang lebih spesifik. Model sistem pewarisan gen ini dapat menganalisis pewarisan gen induk sampai dengan generasi yang tidak terbatas dan dapat melihat peluang peluang pewarisan dari gen induk ke anak.

Rancangan model sistem pewarisan gen ini dibuat dengan kelengkapan rancangan sistem yang umum digunakan seperti flowchart sistem serta rancangan form input-output, dan implementasi model sistem dilakukan dengan *Microsoft Visual Basic.NET 2005* menggunakan *Algoritma*

*Branch and Bound*. *Algoritma Branch and Bound* merupakan metode pencarian didalam ruang solusi secara sistematis untuk menentukan penggenerasian gen dengan bentuk pohon penggenerasian. Hasil uji coba baik secara struktural, fungsional, dan validasi data menunjukkan sistem sudah valid.

Model sistem pewarisan gen pada manusia ini memiliki kamus data yang memberikan informasi mengenai istilah-istilah yang digunakan dalam pewarisan gen dan informasi kelainan gen. Informasi sistem pewarisan gen melalui model ini mencakup informasi peluang pewarisan gen yang disajikan dalam bentuk pohon penggenerasian dan grafik peluang pewarisan gen. Hal ini mempermudah pengguna dalam proses analisis pewarisan gen dan penggenerasian selanjutnya.

## DAFTAR PUSTAKA

- Akbar, Ali. 2005. *Visual Basic.NET : Belajar Praktis Melalui Berbagai Tutorial dan Tips*. Informatika, Bandung.
- Hardhienata, S. 2004. *Peran Matematika dan Komputer Dalam Teori Pengenalan Ilmiah*. KOMPUTASI. *Jurnal Ilmiah Ilmu Komputer dan Matematika Bogor*.
- <http://www.jevuscka.com>. Artikel Kedokteran, Blog, Social Media, Tutorial dan Berita. 2 Mei 2009.
- <http://www.cs.uky.edu/...../gemnmeth.html>. The General Branch and Bound Method. 14 Juni 2009.
- <http://www.informatika.org/~rinaldi/Matdis/2007-2008/Makalah/MakalahIF2153-0708-003.pdf>. Penerapan Peluang Diskrit Pohon Dan Graf Dalam Pewarisan Sifat. 2 Februari 2009.
- Kadarsah. 1994. *Sistem Penunjang Keputusan*. Rosda Karya, Bandung.

- Munir, Rinaldi. 2003. Diklat Kuliah Matematika Diskrit. Program Studi Teknik Informatika Institut Teknologi Bandung.
- Naftali, Y. 2007. Algoritma Genetik. <http://yohanli.wordpress.com/2007/page/3>. 12 April 2009.
- Nio, Tjan Kiauw. 1999. Penuntun Praktikum Genetika. Institut Pertanian Bandung.
- Prasetyo, Didik Dwi. 2006. 101 Tip & Trik Visual Basic.NET. PT Elex Media Komputindo, Jakarta.
- Purwanto, Eko Budi. 2008. Perancangan dan Analisis Algoritma. Graha Ilmu, Yogyakarta.
- Rahmadhan, Arief, S. Kom. 2006. Seri Penuntun Praktis VB.NET 2005. PT Elex Media Komputindo, Jakarta.
- Setiawan, S. 1991. Simulasi : Teknik Pemrograman dan Metode Analisis. Andi Offset, Yogyakarta.
- Pemrograman Visual Basic.NET 2005. Penerbit Andi dan Wahana Komputer, Semarang. 2006.