

Pemecahan Teka-Teki Zebra dengan Graf

Freddy Ekoyanto Perkoso – NIM : 13502020

Program Studi Teknik Informatika, Institut Teknologi Bandung
Jl. Ganesha 10, Bandung

E-mail : if12020@students.if.itb.ac.id

Abstrak

Makalah ini membahas mengenai pendekatan baru untuk memecahkan permasalahan logika. Terdapat beberapa metode yang biasa dilakukan untuk memecahkan permasalahan logika, antara lain: tabel kebenaran dan inferensi. Kekurangan dari kedua metode tersebut antara lain memerlukan pengetahuan yang cukup mendalam mengenai logika. Pada makalah ini, diperkenalkan pemodelan permasalahan logika dalam bentuk graf. Keuntungan metode ini salah satunya adalah tidak diperlukan pengetahuan logika yang terlalu dalam, pengetahuan logika diperlukan hanya pada saat proses pemodelan, sedangkan proses inferensinya dilakukan tanpa pengetahuan logika.

Untuk dapat memberikan gambaran yang lebih lengkap dan jelas mengenai metode ini, diambil sebuah contoh kasus. Contoh kasus yang dipilih adalah teka-teki zebra. Teka-teki zebra merupakan contoh permasalahan klasik mengenai permasalahan logika. Makalah ini akan menjelaskan tahap demi tahap yang ditempuh untuk dapat memecahkan teka-teki zebra ini dengan menggunakan graf.

Graf yang dipakai dalam pemecahan teka-teki zebra ini merupakan graf yang telah dimodifikasi. Hal ini diperlukan agar graf cukup luas untuk memodelkan teka-teki ini secara lengkap. Graf juga mengadopsi konsep kelas yang diambil dari bidang pemrograman berorientasi objek. Hal ini diperlukan karena permasalahan dapat dipandang berupa hubungan kelas-kelas dan atributnya.

Kata kunci: permasalahan logika, teka-teki zebra, pemodelan dengan graf.

1. Pendahuluan

Teka-teki zebra juga dikenal dengan nama teka-teki Einstein. Hal ini dikarenakan diceritakan bahwa Einstein membuat teka-teki ini ketika masih kecil. Diceritakan bahwa Einstein mengklaim bahwa hanya 98% manusia tidak akan dapat memecahkan masalah ini, atau dengan kata lain hanya 2% manusia yang dapat memecahkan masalah ini. Terdapat cukup banyak versi dari teka-teki ini, versi yang digunakan pada makalah ini diambil dari buku *Discrete Mathematics and Application* oleh Kenneth H Rossen yang merupakan salah satu buku referensi dalam mata kuliah Matematika Diskrit.

Teka-teki zebra pada versi tersebut berbunyi sebagai berikut[1]: Lima orang pria dengan kebangsaan yang berbeda dan dengan pekerjaan yang berbeda hidup di rumah yang berurutan di sebuah jalan. Rumah ini diwarnai dengan warna yang berbeda. Pria-pria tersebut memiliki

binatang peliharaan yang berbeda dan memiliki minuman kesukaan yang berbeda. Tentukan siapa yang memiliki zebra dan yang suka dengan air mineral (yang merupakan salah satu dari minuman kesukaan pria-pria tersebut), diberikan petunjuk:

1. Pria berkebangsaan Inggris hidup di rumah berwarna merah.
2. Pria berkebangsaan Spanyol memiliki anjing.
3. Pria berkebangsaan Jepang adalah pelukis.
4. Pria berkebangsaan Italia meminum teh.
5. Pria berkebangsaan Nowegia hidup di rumah pertama dihitung dari kiri.
6. Rumah yang berwarna hijau terletak di sebelah kanan dari rumah yang berwarna putih.
7. Pria yang bekerja sebagai fotografer memelihara siput.
8. Pria yang bekerja sebagai diplomat hidup di rumah yang berwarna kuning.

9. Susu diminum oleh pria penghuni rumah yang di tengah.
10. Pemilik dari rumah yang berwarna hijau meminum kopi.
11. Rumah pria berkebangsaan Nowegia bersebelahan dengan rumah yang berwarna biru.
12. Pria yang bekerja sebagai pemain biola meminum jus jeruk.
13. Rubah berada di rumah yang bersebelahan dengan rumah orang yang bekerja sebagai fisikawan.
14. Kuda dipelihara di rumah yang bersebelahan dengan rumah yang prianya bekerja sebagai diplomat.

Salah satu cara yang umum digunakan untuk memecahkan teka-teki ini adalah dengan membuat tabel yang barisnya berisi warna rumah, pekerjaan pemilik rumah, binatang peliharaan pemilik rumah, dan minuman kesukaan pemilik rumah. Untuk mengisi nilai dari tabel-tabel itu dilakukan proses inferensi sampai semua baris terisi.

Makalah ini akan menjelaskan metode pemecahan masalah teka-teki zebra dengan menggunakan graf. Graf digunakan karena graf dapat digunakan untuk memodelkan permasalahan, salah satunya permasalahan logika. Graf mengandung 2 unsur dasar yaitu: node dan busur. Agar dapat memodelkan teka-teki zebra maka graf harus dimodifikasi sedemikian rupa. Detail mengenai pemodelan dapat dilihat di bagian selanjutnya.

Secara umum terdapat 2 tahapan untuk menyelesaikan masalah logika, yaitu:

1. Pemodelan masalah.
2. Proses inferensi.

Untuk metode ini, pemodelan masalah dapat dinyatakan sebagai proses perubahan masalah ke dalam bentuk graf. Sedangkan proses inferensi dapat dilihat sebagai proses modifikasi graf untuk memperoleh graf yang lengkap. Berikut akan dijelaskan mengenai kedua tahap tersebut.

2. Pemodelan Masalah

Graf yang digunakan untuk memodelkan permasalahan merupakan graf yang telah dimodifikasi. Hal ini diperlukan agar graf dapat menggambarkan permasalahan secara lengkap. Graf juga mengadopsi konsep kelas yang diambil

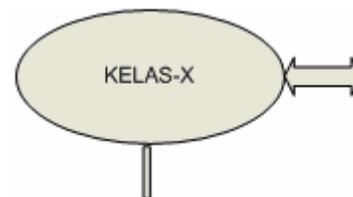
dari bidang pemrograman terutama yang berorientasi objek. Pada beberapa bagian akan dipakai sintaks algoritmik untuk memperjelas penggunaan konsep kelas pada graf.

Untuk makalah ini akan dipakai beberapa peraturan untuk memodelkan kelas dan atribut dari suatu kelas.

Berikut peraturan yang dibutuhkan untuk memodelkan kelas:

1. Kelas dimodelkan dengan node dalam graf yang berbentuk elips atau lingkaran yang berisi nama kelasnya.
2. Busur dengan kelas lain menandakan hubungan antara kelas yang juga menjadi ketentuan dari permasalahan logika yang ingin dipecahkan. Bentuk busur menggambarkan hubungan yang berlaku diantara kelas-kelas tersebut.
3. Kelas berhubungan dengan atributnya dengan sebuah busur sederhana tanpa arah.

Contoh graf yang menggambarkan kelas KELAS-X dapat dilihat pada gambar-1.

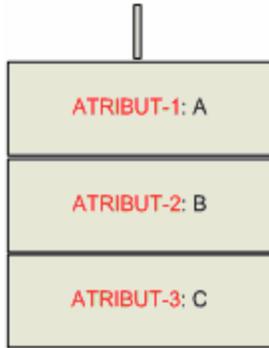


Gambar-1 Contoh Pemodelan Kelas

Untuk atribut beberapa peraturan yang harus dipatuhi adalah:

1. Atribut-atribut digambarkan ke dalam kotak-kotak kecil yang mengandung nama atribut dan nilai atribut itu.
2. Seluruh atribut tergabung ke dalam node berbentuk kotak besar yang terhubung dengan kelasnya masing-masing.
3. Hubungan dengan kelasnya digambarkan dengan sebuah busur sederhana tanpa arah.
4. Setiap kelas hanya mempunyai satu hubungan dengan atributnya.

Contoh graf yang menggambarkan atribut ATRIBUT-1, ATRIBUT-2, dan ATRIBUT-3 dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar-2 Contoh Pemodelan Atribut

Untuk dapat memodelkan permasalahan logika secara lengkap, maka harus dibangun 3 buah graf, yaitu:

1. Graf Petunjuk.
2. Graf *Constrain*.
3. Graf Permasalahan.

Graf petunjuk adalah graf yang memodelkan pengetahuan atau fakta yang terdapat pada petunjuk yang diberikan menjadi bentuk graf. Graf petunjuk inilah yang kemudian akan diinferensi pada graf permasalahan. Setiap graf hanya memodelkan satu keadaan spesifik terhadap fakta yang diberikan. Oleh karena itu sebuah fakta dapat mengandung beberapa graf yang dihubungkan oleh operator logika dasar seperti: OR, AND, dan NOT.

Graf *constrain* merupakan graf yang memodelkan batasan masalah bagi permasalahan logika. Graf *constrain* berperan dalam menjaga agar percobaan pencarian solusi tidak melanggar batasan masalah. Setiap proses inferensi harus tidak melanggar batasan masalah yang telah ditetapkan.

Secara umum, dalam pemodelan masalah terdapat beberapa tahapan yang harus dilewati, tahapan ini adalah:

1. Pencarian kelas, atribut, dan *constrain* dari permasalahan.
2. Pemodelan graf petunjuk.
3. Pemodelan graf *constrain*.
4. Pemodelan graf permasalahan.

Pada bagian berikut akan dijelaskan mengenai tahapan tersebut secara lebih mendetail.

2.1 Pencarian Kelas, Atribut, dan *Constrain* Permasalahan

Sebuah kelas pada pengertian graf memiliki pengertian yang hampir sama dengan pengertian pada bidang pemrograman. Sedikit perbedaan antara kelas pada graf adalah kelas pada graf hanya mengandung atribut tapi tidak primitif untuk mengakses dan memodifikasi atribut tersebut.

Beberapa petunjuk yang dapat digunakan untuk menentukan sebuah kelas dalam permasalahan logika:

1. Sebuah kelas memiliki kumpulan atribut yang juga/atau tidak dipunyai oleh kelas lain.
2. Sebuah kelas saling terkait dengan kelas lain dengan aturan yang ditentukan oleh persoalan logika.

Berdasarkan petunjuk tersebut, yang merupakan kelas dari teka-teki zebra adalah rumah. Hal ini dikarenakan rumah tersebut memiliki beragam atribut seperti: warna rumah, kebangsaan pemiliknya, minuman kesukaan pemiliknya, peliharaan pemilik rumah, dan pekerjaan dari para pemiliknya. Dari teka-teki tersebut juga kita ketahui bahwa kelima rumah itu saling bertetangga terurut di sebuah jalan. Dengan mengasumsikan bahwa rumah pertama dimulai dari sebelah kiri maka kelas yang ada pada teka-teki zebra adalah: RUMAH -1, RUMAH -2, RUMAH -3, RUMAH -4, dan RUMAH -5.

Setelah mendapatkan kelas pada permasalahan logika, maka kita dapat dengan mudah menentukan atribut bagi tiap kelas yang ada pada permasalahan tersebut. Pada teka-teki zebra, kita dapatkan atribut pada permasalahan itu adalah:

1. NATIONALITY: merupakan kebangsaan dari pemilik rumah.
2. COLOR: merupakan warna rumah.
3. PET: merupakan binatang peliharaan pemilik rumah.
4. JOB: merupakan pekerjaan dari para pemilik rumah.
5. DRINK: merupakan minuman kesukaan dari para pemilik rumah.

Constrain merupakan batasan pada persoalan logika yang mempengaruhi proses inferensi. *Constrain* harus ditaati dan tidak boleh dilanggar dalam proses inferensi. *Constrain* didapatkan dari teka-teki. Pada teka-teki zebra kita dapatkan *constrain* permasalahannya adalah:

1. Setiap rumah terletak pada satu sisi jalan dan berketetangga.

2. Setiap pemilik rumah memiliki kebangsaan yang berbeda-beda.
3. Setiap rumah memiliki warna yang berbeda.
4. Setiap pemilik rumah memelihara binatang yang berbeda-beda.
5. Setiap pemilik rumah menyukai minuman yang berbeda-beda.

Perhatikan bahwa *constrain* permasalahan dapat dibagi 2, yaitu:

1. *Constrain* Kelas: *constrain* yang melibatkan kelas-kelas dalam graf.
2. *Constrain* Atribut: *constrain* yang melibatkan hubungan atribut dalam graf.

Constrain pertama merupakan jenis *constrain* kelas sedangkan *constrain* lainnya merupakan jenis *constrain* atribut.

2.2 Pemodelan Graf Petunjuk

Graf petunjuk harus digambarkan secara lengkap dengan atribut dan kelasnya. Hal ini penting untuk memudahkan proses inferensi.

Berdasarkan keterkaitannya dengan graf permasalahan, graf petunjuk dapat dibagi menjadi 2 jenis yaitu:

1. Petunjuk Atribut
2. Petunjuk Struktural

Petunjuk Atribut adalah petunjuk yang dapat menginferensi nilai atribut lain pada kelas yang sama. Peraturan untuk penggambaran petunjuk atribut adalah sebagai berikut:

1. Atribut dihubungkan dengan kelasnya, apabila kelasnya tidak diketahui dapat digunakan variabel untuk mengganti kelas yang tidak diketahui.
2. Hanya atribut yang diketahui dari petunjuk tersebut yang dapat dimuat di node atribut. Lengkap dengan nama atribut dan nilainya.

Petunjuk Struktural adalah petunjuk yang menginferensi nilai atribut yang lain atau sama dari kelas yang berbeda. Peraturan untuk penggambaran petunjuk struktural digambarkan sebagai berikut:

1. Atribut yang diketahui dari petunjuk diketahui dari petunjuk digambarkan secara lengkap.
2. Hubungan antara atribut itu ditunjukkan dengan hubungan antar kelas yang

atributnya terlibat dalam petunjuk tersebut.

Dengan asumsi, rumah yang saling bertetangga dihubungkan dengan busur 2 arah, berikut akan dimodelkan seluruh petunjuk yang terdapat pada teka-teki zebra:

Fakta-1

Fakta-1 menyatakan bahwa pria berkebangsaan Inggris hidup di rumah berwarna merah. Dari fakta didapatkan bahwa terdapat 2 nilai atribut yang hadir bersamaan pada satu kelas yang sama, yaitu: KELAS-X.NATIONALITY ← ENGLISH && KELAS-X.COLOR ← RED. KELAS-X digunakan karena fakta tidak menyebutkan secara langsung pada kelas apa kedua nilai atribut itu berada. Perhatikan juga bahwa fakta-1 termasuk petunjuk atribut. Graf petunjuk fakta-1 dapat dilihat dari gambar 3.

Gambar-3 Graf Petunjuk Fakta-1

Fakta-2

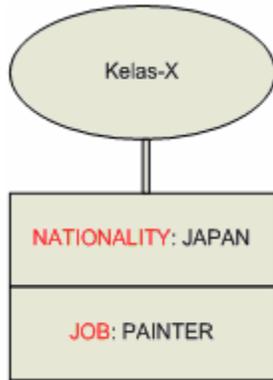
Fakta-2 mengatakan bahwa pria berkebangsaan Spanyol memiliki anjing. Cara yang ditempuh untuk mendapatkan graf petunjuk fakta-2 adalah sama persis dengan cara mendapatkan graf petunjuk fakta-1. Graf petunjuk fakta 2 dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar-4 Graf Petunjuk Fakta-2

Fakta-3

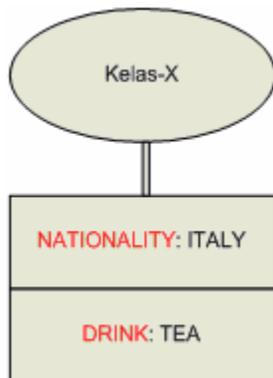
Fakta-3 menyatakan bahwa pria berkebangsaan Jepang adalah pelukis. Cara yang ditempuh untuk mendapatkan graf petunjuk fakta-3 adalah sama persis dengan cara mendapatkan graf petunjuk fakta-1. Graf petunjuk fakta-3 dapat dilihat pada gambar 5.



Gambar-5 Graf Petunjuk Fakta-3

Fakta-4

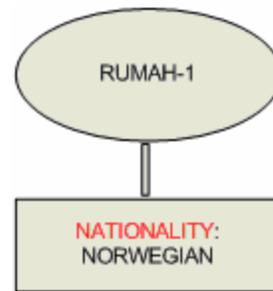
Fakta-4 menyatakan bahwa pria berkebangsaan Italia meminum teh. Cara yang ditempuh untuk mendapatkan graf petunjuk fakta-4 adalah sama persis dengan cara mendapatkan graf petunjuk fakta-1. Graf petunjuk fakta-4 dapat dilihat pada gambar 6.



Gambar-6 Graf Petunjuk Fakta 4

Fakta-5

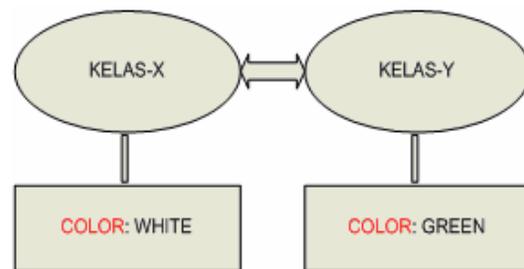
Fakta-5 menyatakan bahwa pria berkebangsaan Nowegia hidup di rumah pertama dihitung dari kiri. Sesuai dengan graf kelas yang kita punya, rumah pertama dari kiri berarti kelas RUMAH-1. Sehingga nilai atribut Norwegian menempel pada kelas RUMAH-1. Graf petunjuk fakta-5 dapat dilihat pada gambar 7.



Gambar-7 Graf Petunjuk Fakta 5

Fakta-6

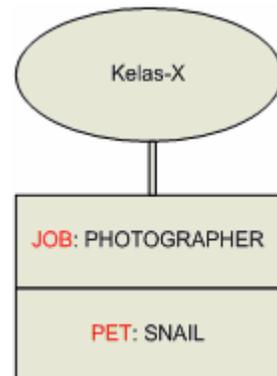
Fakta-6 menyatakan bahwa rumah yang berwarna hijau terletak di sebelah kanan dari rumah yang berwarna putih. Perhatikan bahwa fakta-6 merupakan fakta struktural karena melibatkan 2 kelas yang kita tidak ketahui nilainya. Kita hanya perlu mengenalkan sebuah kelas variabel baru, yaitu KELAS-Y yang langsung bertetangga dan terletak di sebelah kanan dari KELAS-X. Bentuk grafnya dapat dilihat di gambar 8.



Gambar-8 Graf Petunjuk Fakta 6

Fakta-7

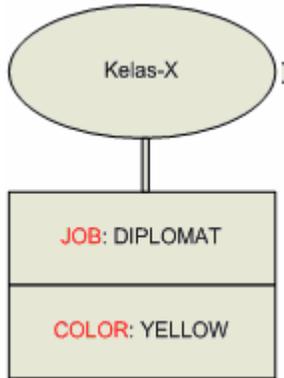
Fakta-7 menyatakan bahwa pria yang bekerja sebagai fotografer memelihara siput. Cara yang ditempuh untuk mendapatkan graf petunjuk fakta-7 adalah sama persis dengan cara mendapatkan graf petunjuk fakta-1. Graf petunjuk fakta-7 dapat dilihat pada gambar 9.



Gambar-9 Graf Petunjuk Fakta 7

Fakta-8

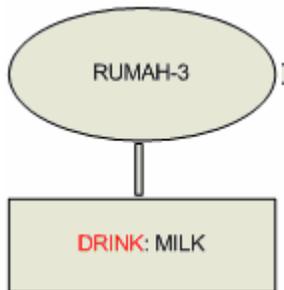
Fakta-8 menyatakan bahwa pria yang bekerja sebagai diplomat hidup di rumah yang berwarna kuning. Cara yang ditempuh untuk mendapatkan graf petunjuk fakta-8 adalah sama persis dengan cara mendapatkan graf petunjuk fakta-1. Graf petunjuk fakta-8 dapat dilihat pada gambar 10.



Gambar-10 Graf Petunjuk Fakta 8

Fakta-9

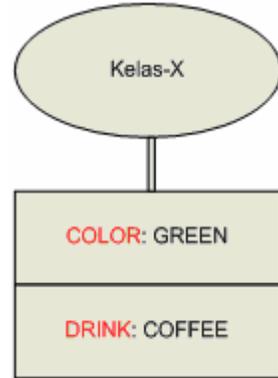
Fakta-9 menyatakan bahwa susu diminum oleh pria penghuni rumah yang di tengah. Cara yang ditempuh untuk mendapatkan graf petunjuk fakta-9 adalah sama persis dengan cara mendapatkan graf petunjuk fakta-5. Graf petunjuk fakta-9 dapat dilihat pada gambar 11.



Gambar-11 Graf Petunjuk Fakta 9

Fakta-10

Fakta-10 menyatakan pemilik dari rumah yang berwarna hijau minum kopi. Cara yang ditempuh untuk mendapatkan graf petunjuk fakta-10 adalah sama persis dengan cara mendapatkan graf petunjuk fakta-1. Graf petunjuk fakta-10 dapat dilihat pada gambar 12.

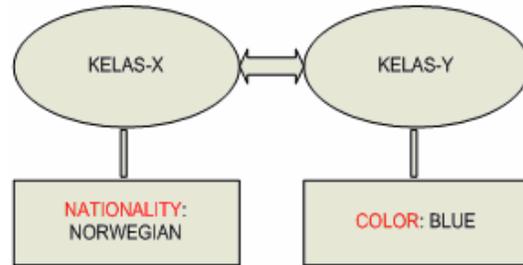


Gambar-12 Graf Petunjuk Fakta 10

Fakta-11

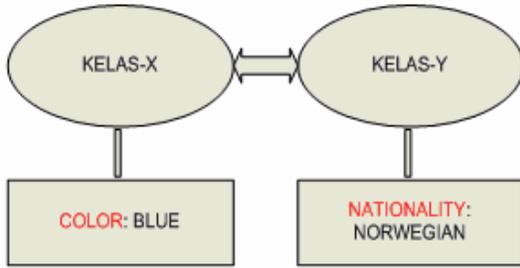
Fakta-11 menyatakan bahwa rumah pria berkebangsaan Nowegia bersebelahan dengan rumah yang berwarna biru. Perhatikan bahwa terdapat 2 kemungkinan bagi fakta ini yaitu:

1. Pemilik rumah yang lebih kiri berkewarganegaraan Norwegia dan rumah tetangga sebelah kanannya berwarna biru atau dapat dinyatakan dengan $KELAS-X.NATIONALITY \leftarrow NORWEGIAN \ \&\& \ KELAS-Y.COLOR \leftarrow BLUE$. Graf tersebut dapat dilihat pada gambar 13.



**Gambar-13 Graf Petunjuk Fakta 11
Kemungkinan Pertama**

2. Rumah yang berwarna biru berada di sebelah kiri dari rumah yang ditempati oleh pria berkebangsaan Norwegia. Kemungkinan ini dapat ditulis dengan $KELAS-X.COLOR \leftarrow BLUE \ \&\& \ KELAS-Y.NATIONALITY \leftarrow NORWEGIAN$. Graf tersebut dapat dilihat pada gambar 14.

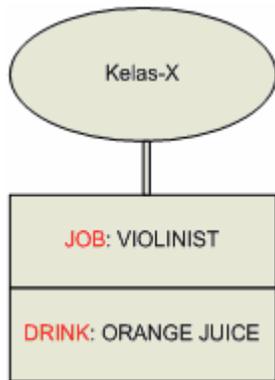


**Gambar-14 Graf Petunjuk Fakta 11
Kemungkinan Kedua**

Perhatikan bahwa ada 2 kemungkinan graf struktural yang muncul pada graf fakta-11, namun perlu diingat bahwa hanya salah satu yang akan muncul. Kemungkinan graf mana yang dipakai bergantung pada proses inferensi sehingga graf yang dipilih adalah graf yang tidak membuat kontradiksi.

Fakta-12

Fakta-12 menyatakan bahwa pria yang bekerja sebagai pemain biola minum jus jeruk. Cara yang ditempuh untuk mendapatkan graf petunjuk fakta-12 adalah sama persis dengan cara mendapatkan graf petunjuk fakta-1. Graf petunjuk fakta-12 dapat dilihat pada gambar 15.



Gambar-15 Graf Petunjuk Fakta 12

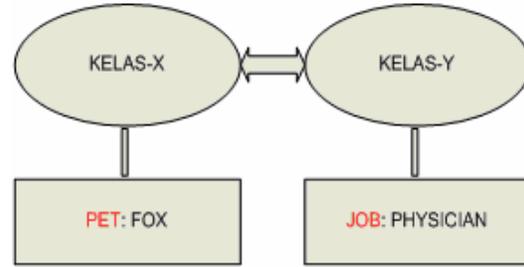
Fakta-13

Fakta-13 menyatakan bahwa rubah berada di rumah yang bersebelahan dengan rumah orang yang bekerja sebagai fisikawan. Cara yang ditempuh untuk mendapatkan graf petunjuk fakta-13 adalah sama persis dengan cara mendapatkan graf petunjuk fakta-11.

Kita juga mendapatkan bahwa terdapat 2 kemungkinan bagi graf struktural fakta-13, yaitu:

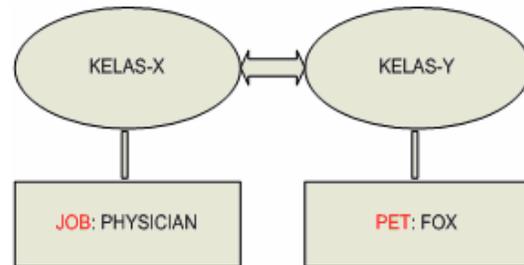
1. Rumah yang memelihara rubah terletak di sebelah kiri tetangga dari rumah yang pemiliknya bekerja sebagai fisikawan.

Kemungkinan ini dapat ditulis dengan $KELAS-X.PET \leftarrow FOX \ \&\& \ KELAS-Y.JOB \leftarrow PHYSICIAN$. Graf tersebut dapat dilihat pada gambar 16.



**Gambar-16 Graf Petunjuk Fakta 13
Kemungkinan Pertama**

2. Rumah yang memelihara rubah terletak di sebelah kanan tetangga dari rumah yang pemiliknya bekerja sebagai fisikawan. Kemungkinan ini dapat ditulis dengan $KELAS-X.JOB \leftarrow PHYSICIAN \ \&\& \ KELAS-Y.PET \leftarrow FOX$. Graf tersebut dapat dilihat pada gambar 17.



**Gambar-17 Graf Petunjuk Fakta 13
Kemungkinan Kedua**

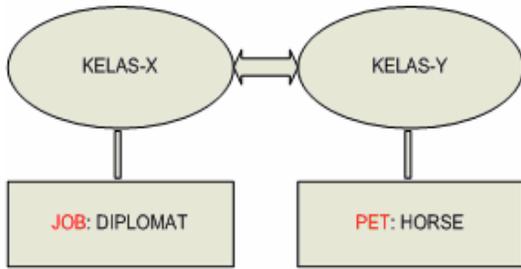
Fakta-14

Fakta-14 menyatakan bahwa kuda dipelihara di rumah yang bersebelahan dengan rumah yang prianya bekerja sebagai diplomat. Cara yang ditempuh untuk mendapatkan graf petunjuk fakta-14 adalah sama persis dengan cara mendapatkan graf petunjuk fakta-11.

Kita juga mendapatkan bahwa terdapat 2 kemungkinan bagi graf struktural fakta-13, yaitu:

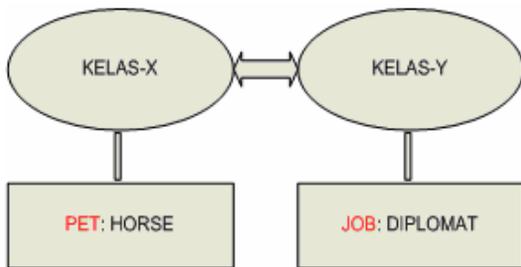
1. Rumah yang pemiliknya bekerja sebagai diplomat bertetangga sebelah kiri dengan rumah yang pemiliknya memelihara kuda. Kemungkinan ini dapat ditulis dengan $KELAS-X.JOB \leftarrow DIPLOMAT \ \&\& \ KELAS-$

Y.PET←HORSE. Graf tersebut dapat dilihat pada gambar 18.



Gambar-18 Graf Petunjuk Fakta 14 Kemungkinan Pertama

- Rumah yang pemiliknya bekerja sebagai diplomat bertetangga sebelah kanan dengan rumah yang pemiliknya memelihara kuda. Kemungkinan ini dapat ditulis dengan KELAS-X. PET ← HORSE & KLAS-Y. JOB ← DIPLOMAT. Graf tersebut dapat dilihat pada gambar 19.



Gambar-19 Graf Petunjuk Fakta 14 Kemungkinan Kedua

2.3 Pemodelan Graf Constrain

Sebagai kesepakatan untuk memodelkan *constrain* permasalahan, digambarkan graf yang memiliki sifat sebagai berikut:

- Jumlah node menandakan jumlah pilihan yang ada untuk tiap atribut.
- Setiap node mempunyai nilai yang menunjukkan pilihan-pilihan tersebut, yang didapat dari fakta.
- Busur antara graf menunjukkan hubungan node tersebut, yang secara tidak langsung menunjukkan batasan permasalahan.
- Apabila terdapat nilai atribut atau kelas yang tidak diketahui dapat digunakan variabel.

Dengan demikian dapat digambarkan graf *constrain* permasalahan kasus zebra sebagai berikut:

2.3.1 Graf Constrain Kelas

Disesuaikan dengan persoalan, kita mengasumsikan bahwa busur berpanah menggambarkan hubungan ketertaggan sehingga graf *constrain* kelas dapat dimodelkan seperti gambar 20.



Gambar-20 Graf Constrain Kelas

2.3.2 Graf Constrain Atribut Nationality

Dikarenakan setiap pria pemilik rumah memiliki kebangsaan yang berbeda-beda, dan terdapat hanya 5 rumah dalam permasalahan ini, maka dapat disimpulkan terdapat 5 node. Dari fakta yang diberikan dapat kita lihat bahwa kebangsaan yang ada adalah: English, Spain, Japan, Italy, dan Norwegia. Didefinisikan bahwa untuk aturan setiap pria memiliki kebangsaan yang berbeda-beda, dan setiap pria wajib memiliki satu kewarganegaraan yang dapat didefinisikan dengan 2 busur tanpa arah, sehingga graf *constrain* untuk nationality berbentuk seperti gambar 21.



Gambar-21 Graf Constrain Atribut Nationality

2.3.3 Graf Constrain Atribut Color

Dengan cara yang hampir sama dengan pembuatan graf *constrain* untuk nationality, dapat dibuat graf *constrain* untuk color seperti pada gambar 22.



Gambar-22 Graf Constrain Atribut Color

2.3.4 Graf Constrain Atribut Pet

Untuk graf *constrain* pet, terdapat sedikit penyesuaian. Hal ini dikarenakan karena diwajibkan setiap pemilik rumah memiliki binatang peliharaan, sehingga dapat diambil kesimpulan jumlah node untuk graf *constrain* pet berjumlah 5. Namun dikarenakan fakta hanya

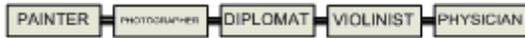
memberikan keterangan mengenai 4 binatang peliharaan, yaitu: dog, snail, fox, dan horse. Maka kita dapat menambahkan sebuah node yang diberi nilai variabel yang tidak diketahui, untuk keperluan ini dipakai variabel x. Graf *constrain* atribut pet ditunjukkan pada gambar 23.



Gambar-23 Graf *Constrain* Atribut Pet

2.3.5 Graf *Constrain* Atribut Job

Pembuatan graf *constrain* job sama persis dengan pembuatan graf *constrain* nationality dan color, sehingga berikut graf *constrain* job tampak seperti gambar 24.



Gambar-24 Graf *Constrain* Atribut Job

2.3.6 Graf *Constrain* Atribut Drink

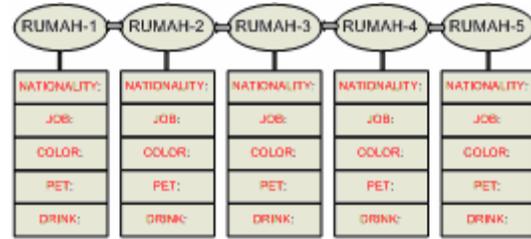
Pembuatan graf *constrain* drink, sama dengan pembuatan graf *constrain* pet. Hanya untuk menghindari ambiguitas maka digunakan variabel y sebagai node yang tidak diketahui nilainya. Graf *constrain* drink dapat dilihat pada gambar 25.



Gambar-25 Graf *Constrain* Atribut Drink

2.4 Pemodelan Graf Permasalahan

Graf permasalahan merupakan graf yang memodelkan persoalan secara struktural. Melalui graf inilah proses inferensi dilakukan. Graf permasalahan harus mengandung semua *constrain* kelas dan atribut kelasnya masing-masing. Nilai dari atribut kelasnya masih kosong, hal ini dikarenakan belum dilakukannya proses inferensi. Graf permasalahan teka-teki zebra dapat dilihat pada gambar 26.



Gambar-26 Graf Permasalahan Teka-Teki Zebra

Dari graf permasalahan terlihat bahwa proses inferensi yang kita lakukan adalah dengan memilih pasangan nilai yang cocok bagi setiap atribut bagi setiap kelas sedemikian sehingga tidak melanggar *constrain* permasalahan. Berikut akan dijelaskan proses inferensi.

3. Proses Inferensi

Proses inferensi pada intinya adalah proses memasang nilai atribut pada graf petunjuk ke dalam graf permasalahan tanpa melanggar graf *constrain*. Proses inferensi menggunakan prinsip operasi memasukkan nilai atribut pada graf permasalahan. Berikut proses inferensi yang akan ditempuh:

1. Fakta yang dimasukkan tidak boleh melanggar *constrain* yang terdapat pada graf *constrain*.
2. Fakta struktural dapat dimasukkan ke dalam kelas yang bersesuaian dengan menyesuaikan struktur fakta tersebut.
3. Fakta yang telah dipakai, tidak akan dipakai untuk proses inferensi selanjutnya.
4. Fakta-fakta dapat terus dimasukkan sampai tidak ada fakta lain yang bisa dimasukkan. semua atribut dimasukkan ke dalam suatu kelas, atau terjadi kontradiksi.
5. Apabila tidak ada fakta lain yang bisa dimasukkan secara langsung maka untuk setiap fakta yang tersisa dicari jumlah kemungkinan fakta itu bisa ditempatkan dalam graf tanpa membuat kontradiksi ($f(x)$). Percobaan dilakukan berdasarkan fakta ke x yang memiliki nilai $f(x)$ paling kecil diantara fakta lainnya.
6. Apabila terjadi kontradiksi maka proses inferensi akan dibacktrack sampai pemilihan fakta yang tidak bisa dimasukkan secara langsung dengan memilih pilihan yang lain.

7. Apabila tidak ada fakta yang tidak bisa dimasukkan secara langsung lagi maka disimpulkan bahwa permasalahan tidak memiliki solusi.
8. Apabila semua fakta telah dimasukkan maka nilai atribut pada graf *constrain* yang belum dimasukkan ke graf permasalahan dimasukkan. Maka proses inferensi selesai.

Berikut akan dijelaskan proses inferensi pada graf teka-teki zebra (untuk menghemat tempat maka hanya atribut yang memiliki nilai saja yang ditulis):

Langkah-1

Mulai dari graf awal permasalahan teka-teki zebra.



Gambar-27 Graf Awal Permasalahan Teka-
Teki Zebra

Langkah-2

Berdasarkan inferensi fakta-5, fakta-9, dan fakta-11 (yang memenuhi adalah kemungkinan pertama) maka graf permasalahan berbentuk seperti gambar 28.



Gambar-28 Graf Permasalahan setelah
Langkah-2

Langkah-3

Pada posisi ini tidak ada lagi graf petunjuk yang bisa dimasukkan secara langsung, oleh karena itu akan dilakukan penghitungan nilai $f(x)$ dari masing-masing fakta. Setelah perhitungan didapatkan nilai $f(6)$ merupakan yang paling kecil diantar $f(x)$ lainnya, sehingga graf akan dikembangkan berdasarkan fakta-6. Sebagai contoh perhitungan nilai $f(x)$ akan dijelaskan di bawah, namun untuk selanjutnya perhitungan nilai $f(x)$ tidak akan diberikan secara detail.

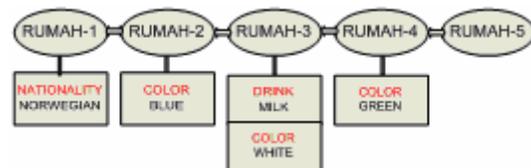
1. $f(1)=3$, karena ada 3 cara penempatan graf petunjuk dari fakta-1 dengan tidak melanggar *constrain*, yaitu:
 - A. RUMAH3.NATIONALITY←ENGLISH && RUMAH-3.COLOR←RED.

- B. RUMAH4.NATIONALITY←ENGLISH && RUMAH-4.COLOR←RED.
 - C. RUMAH5.NATIONALITY←ENGLISH && RUMAH-5.COLOR←RED.
2. $f(2)=4$, karena ada 4 cara penempatan graf petunjuk dari fakta-2 dengan tidak melanggar *constrain*, yaitu:
 - A. RUMAH-2.NATIONALITY←SPAIN && RUMAH-2.PET←DOG.
 - B. RUMAH-3.NATIONALITY←SPAIN && RUMAH-2.PET←DOG.
 - C. RUMAH-4.NATIONALITY←SPAIN && RUMAH-2.PET←DOG.
 - D. RUMAH-5.NATIONALITY←SPAIN && RUMAH-2.PET←DOG.
 3. $f(3)=4$, karena ada 4 cara penempatan graf petunjuk dari fakta-3 dengan tidak melanggar *constrain*, yaitu:
 - A. RUMAH-2.NATIONALITY←JAPAN && RUMAH-2.JOB←PAINTER.
 - B. RUMAH-3.NATIONALITY←JAPAN && RUMAH-3.JOB←PAINTER.
 - C. RUMAH-4.NATIONALITY←JAPAN && RUMAH-4.JOB←PAINTER.
 - D. RUMAH-5.NATIONALITY←JAPAN && RUMAH-5.JOB←PAINTER.
 4. $f(4)=3$, karena ada 3 cara penempatan graf petunjuk dari fakta-3 dengan tidak melanggar *constrain*, yaitu:
 - A. RUMAH-2.NATIONALITY←ITALY && RUMAH-2.DRINK←TEA.
 - B. RUMAH-4.NATIONALITY←ITALY && RUMAH-4.DRINK←TEA.
 - C. RUMAH-5.NATIONALITY←ITALY && RUMAH-5.DRINK←TEA.
 5. $f(6)=2$, karena ada 2 cara penempatan graf petunjuk dari fakta-6 dengan tidak melanggar *constrain*, yaitu:
 - A. RUMAH-3.COLOR←WHITE && RUMAH-4.COLOR←GREEN.
 - B. RUMAH-4.COLOR←WHITE && RUMAH-5.COLOR←GREEN.
 6. $f(7)=5$, karena ada 5 cara penempatan graf petunjuk dari fakta-7 dengan tidak melanggar *constrain*, yaitu:
 - A. RUMAH-1.JOB ← PHOTOGRAPHER && RUMAH-1.PET ← SNAIL.

- B. RUMAH-2.JOB ← PHOTOGRAPHER && RUMAH-2.PET ← SNAIL.
- C. RUMAH-3.JOB ← PHOTOGRAPHER && RUMAH-3.PET ← SNAIL.
- D. RUMAH-4.JOB ← PHOTOGRAPHER && RUMAH-4.PET ← SNAIL.
- E. RUMAH-5.JOB ← PHOTOGRAPHER && RUMAH-5.PET ← SNAIL.
7. $f(8)=4$, karena ada 4 cara penempatan graf petunjuk dari fakta-8 dengan tidak melanggar *constrain*, yaitu:
- A. RUMAH-1.JOB←DIPLOMAT && RUMAH-1.COLOR←YELLOW.
- B. RUMAH-3.JOB←DIPLOMAT && RUMAH-3.COLOR←YELLOW.
- C. RUMAH-4.JOB←DIPLOMAT && RUMAH-4.COLOR←YELLOW.
- D. RUMAH-5.JOB←DIPLOMAT && RUMAH-5.COLOR←YELLOW.
8. $f(10)=3$, karena ada 3 cara penempatan graf petunjuk dari fakta-10 dengan tidak melanggar *constrain*, yaitu:
- A. RUMAH-1.COLOR←GREEN && RUMAH-1.DRINK←COFFEE.
- B. RUMAH-4.COLOR←GREEN && RUMAH-4.DRINK←COFFEE.
- C. RUMAH-5.COLOR←GREEN && RUMAH-5.DRINK←COFFEE.
9. $f(12)=4$, karena ada 4 cara penempatan graf petunjuk dari fakta-12 dengan tidak melanggar *constrain*, yaitu:
- A. RUMAH-1.JOB←VIOLINIST && RUMAH-1.DRINK←ORANGE JUICE.
- B. RUMAH-2.JOB←VIOLINIST && RUMAH-2.DRINK←ORANGE JUICE.
- C. RUMAH-4.JOB←VIOLINIST && RUMAH-4.DRINK←ORANGE JUICE.
- D. RUMAH-5.JOB←VIOLINIST && RUMAH-5.DRINK←ORANGE JUICE.
10. $f(13)=8$, karena ada 8 cara penempatan graf petunjuk dari fakta-13 dengan tidak melanggar *constrain*, yaitu:
- A. RUMAH-1.PET←FOX && RUMAH-2.JOB←PHYSICIAN.
- B. RUMAH-2.PET←FOX && RUMAH-3.JOB←PHYSICIAN.
- C. RUMAH-3.PET←FOX && RUMAH-4.JOB←PHYSICIAN.
- D. RUMAH-4.PET←FOX && RUMAH-5.JOB←PHYSICIAN.
- E. RUMAH-1.JOB←PHYSICIAN && RUMAH-2.PET←FOX.
- F. RUMAH-2.JOB←PHYSICIAN && RUMAH-3.PET←FOX.
- G. RUMAH-3.JOB←PHYSICIAN && RUMAH-4.PET←FOX.
- H. RUMAH-4.JOB←PHYSICIAN && RUMAH-5.PET←FOX.
11. $f(14)=8$, karena ada 8 cara penempatan graf petunjuk dari fakta-14 dengan tidak melanggar *constrain*, yaitu:
- A. RUMAH-1.PET←HORSE && RUMAH-2.JOB←DIPLOMAT.
- B. RUMAH-2.PET←HORSE && RUMAH-3.JOB←DIPLOMAT.
- C. RUMAH-3.PET←HORSE && RUMAH-4.JOB←DIPLOMAT.
- D. RUMAH-4.PET←HORSE && RUMAH-5.JOB←DIPLOMAT.
- E. RUMAH-1.JOB←DIPLOMAT && RUMAH-2.PET←HORSE.
- F. RUMAH-2.JOB←DIPLOMAT && RUMAH-3.PET←HORSE.
- G. RUMAH-3.JOB←DIPLOMAT && RUMAH-4.PET←HORSE.
- H. RUMAH-4.JOB←DIPLOMAT && RUMAH-5.PET←HORSE.

Langkah-4

Graf permasalahan dikembangkan berdasarkan fakta-6. Ambil salah satu kemungkinan penempatan graf petunjuk fakta-6 di graf permasalahan, yaitu: RUMAH-3.COLOR←WHITE && RUMAH-4.COLOR←GREEN, maka graf teka-teki zebra menjadi seperti gambar 29.

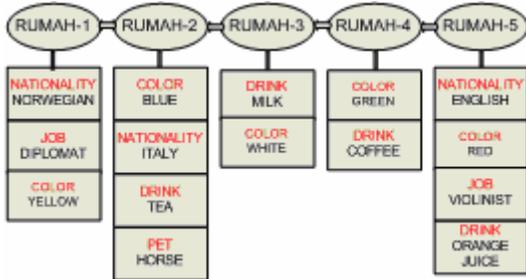


Gambar-29 Graf Permasalahan setelah

Langkah 4

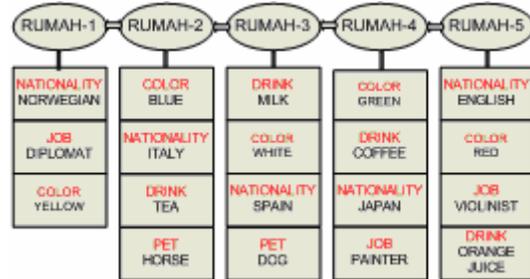
Langkah-5

Graf permasalahan dikembangkan berturut-turut dengan fakta-10, fakta-1, fakta-4, fakta-8, fakta-14(kemungkinan kedua yang memenuhi), dan fakta-12 menjadi seperti gambar 30.



Gambar-30 Graf Permasalahan setelah Langkah 5

Pengembangan graf permasalahan dilanjutkan dengan memasukkan fakta-2 dan fakta-3, sehingga graf permasalahan menjadi seperti gambar 32.



Gambar-32 Graf Permasalahan setelah Langkah 8

Langkah-6

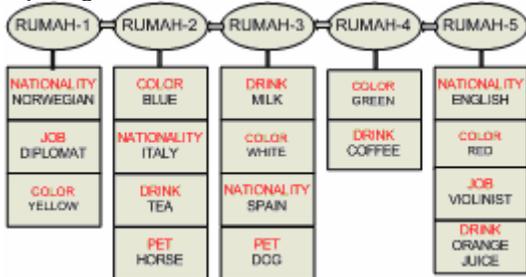
Sampai tahap ini, kembali graf permasalahan tidak dapat dikembangkan secara langsung. Oleh karena itu kembali dilakukan penghitungan nilai $f(x)$ untuk fakta yang tersisa, yaitu:

1. $f(2)=2$
2. $f(3)=2$
3. $f(7)=2$
4. $f(13)=5$

Dikarenakan terdapat lebih dari satu fakta yang memiliki nilai $f(x)$ terkecil, yaitu: fakta-2, fakta-3, dan fakta-7, maka pengembangan graf permasalahan melalui graf fakta-fakta tersebut dimungkinkan, sebagai contoh diambil berdasarkan fakta-2.

Langkah-7

Graf permasalahan dikembangkan berdasarkan fakta-2, ambil salah satu kemungkinan yaitu: RUMAH-3.NATIONALITY←SPAIN && RUMAH-3.PET←DOG, sehingga graf menjadi seperti gambar 31.



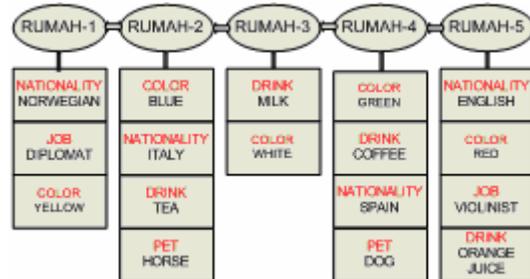
Gambar-31 Graf Permasalahan setelah Langkah 7

Langkah-9

Terjadi kontradiksi dengan fakta-7 karena fakta-7 tidak dapat ditempatkan di kelas manapun. Oleh karena itu proses inferensi backtrack ke langkah-6.

Langkah-10

Graf permasalahan kembali dikembangkan berdasarkan fakta-2 dengan kemungkinan yang lain, yaitu: RUMAH-4.NATIONALITY ← SPAIN && RUMAH-4.PET ← DOG, sehingga graf permasalahan menjadi seperti gambar 33.

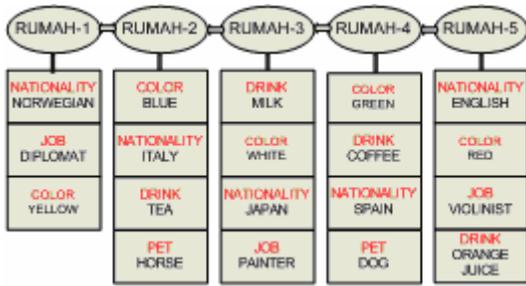


Gambar-33 Graf Permasalahan setelah Langkah 10

Langkah-11

Graf permasalahan kemudian dilanjutkan dengan memasukkan fakta-2 dan fakta-3, sehingga graf permasalahan menjadi seperti gambar 34.

Langkah-8



Gambar-34 Graf Permasalahan setelah

Langkah 11

Langkah-12

Terjadi kontradiksi dengan fakta-7 karena fakta-7 tidak dapat ditempatkan di kelas manapun. Oleh karena itu proses inferensi kembali ke langkah-6, namun karena semua kemungkinan pada langkah-6 sudah dicoba, maka proses inferensi kembali backtrack ke langkah-3.

Langkah-13

Graf permasalahan kembali dikembangkan dengan fakta-6, dengan mencoba kemungkinan lain selain yang telah dicoba pada langkah-4, yaitu: RUMAH-4.COLOR←WHITE & RUMAH-5.COLOR←GREEN, sehingga graf permasalahan menjadi seperti gambar 35.

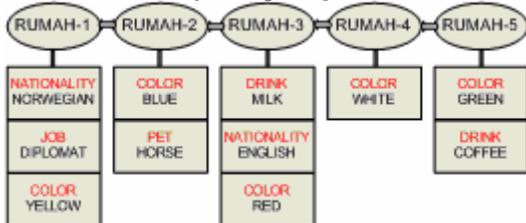


Gambar-35 Graf Permasalahan setelah

Langkah 13

Langkah-14

Graf permasalahan secara berturut-turut dikembangkan oleh fakta-1, fakta-8, fakta-10, dan fakta-14, menjadi seperti gambar 38.



Gambar-36 Graf Permasalahan setelah

Langkah 14

Langkah-15

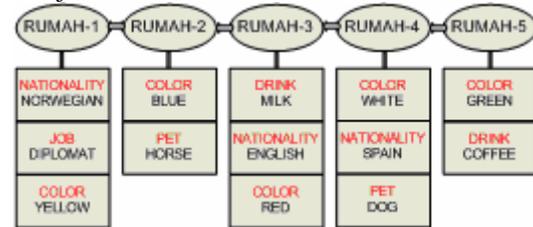
Sampai tahap ini, graf permasalahan tidak dapat lagi dikembangkan secara langsung. Oleh karena itu kembali diadakan perhitungan $f(x)$ bagi fakta-2, fakta-3, fakta-4, fakta-7, fakta-12, dan fakta-13, yaitu:

1. $f(2)=2$
2. $f(3)=3$
3. $f(4)=2$
4. $f(7)=3$
5. $f(12)=2$
6. $f(13)=6$

Diambil salah satu fakta yang memiliki nilai $f(x)$ terkecil yaitu fakta-2 sebagai pengembangan graf selanjutnya.

Langkah-16

Graf permasalahan dikembangkan berdasarkan fakta-2. Ambil salah satu kemungkinan yang memenuhi *constrain*, yaitu: RUMAH-4.NATIONALITY←SPAIN & RUMAH-4.PET←DOG, sehingga graf permasalahan menjadi:

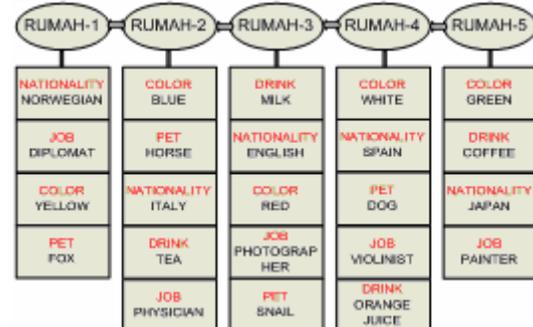


Gambar-37 Graf permasalahan setelah

Langkah 16

Langkah-17

Secara berturut-turut graf permasalahan dikembangkan berdasarkan fakta-2, fakta-3, fakta-4, fakta-7, fakta-12(yang memenuhi adalah kemungkinan pertama), fakta-13(yang memenuhi adalah kemungkinan kedua), sehingga graf permasalahan menjadi:

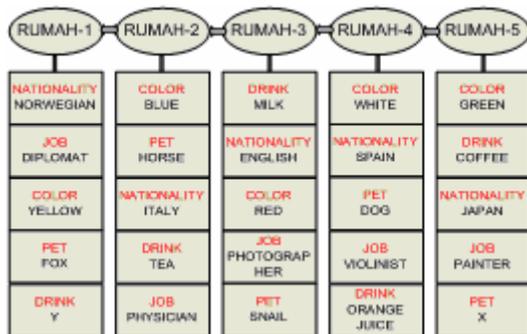


Gambar-38 Graf Permasalahan setelah

Langkah 17

Langkah-18

Karena semua petunjuk telah dipakai dalam proses inferensi tanpa menimbulkan kontradiksi maka graf permasalahan pada langkah-17 telah menggambarkan semua petunjuk yang ada. Namun dikarenakan graf *constrain* Pet dan graf *constrain* Drink masih menyisakan masing-masing sebuah variabel yang tidak diketahui, maka variabel tersebut perlu dimasukkan ke dalam graf untuk melengkapi keseluruhan graf permasalahan. Sehingga graf permasalahan lengkap menjadi seperti gambar 39.



Gambar-39 Graf Permasalahan setelah

Langkah 18

Untuk menjawab pertanyaan teka-teki zebra yang menanyakan siapa yang mempunyai zebra dan menyukai air mineral dapat dilihat dari graf permasalahan. Dikarenakan zebra dan air mineral tidak terdapat dalam atribut Pet dan Drink di kelas manapun, dan terdapat variabel yang belum diketahui di kelas RUMAH-1 untuk atribut Drink dan RUMAH-5 untuk atribut Pet, maka dapat diambil kesimpulan bahwa yang mempunyai zebra adalah pemilik rumah ke-5 dan yang menyukai air mineral adalah pemilik rumah pertama.

5. Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari pemecahan teka-teki zebra dengan menggunakan graf adalah:

1. Graf dapat digunakan untuk memodelkan persoalan logika untuk kemudian dipecahkan dengan operasi terhadap graf tersebut.
2. Metode pemecahan persoalan logika dengan graf tidak memerlukan pemahaman logika yang mendalam.
3. Bagian yang paling sulit dari metode ini adalah proses pemodelan. Bagian ini

juga yang membutuhkan pengetahuan logika.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Rossen, Kenneth H. (2000). Discrete Mathematics and Its Application 5th edition. Mc Graw Hill.
- [2] Zebra puzzle page: <http://www.wikipedia.org>. Tanggal Akses: 1 Januari 2007 pukul 16.00