

# DOKUMEN HAK CIPTA

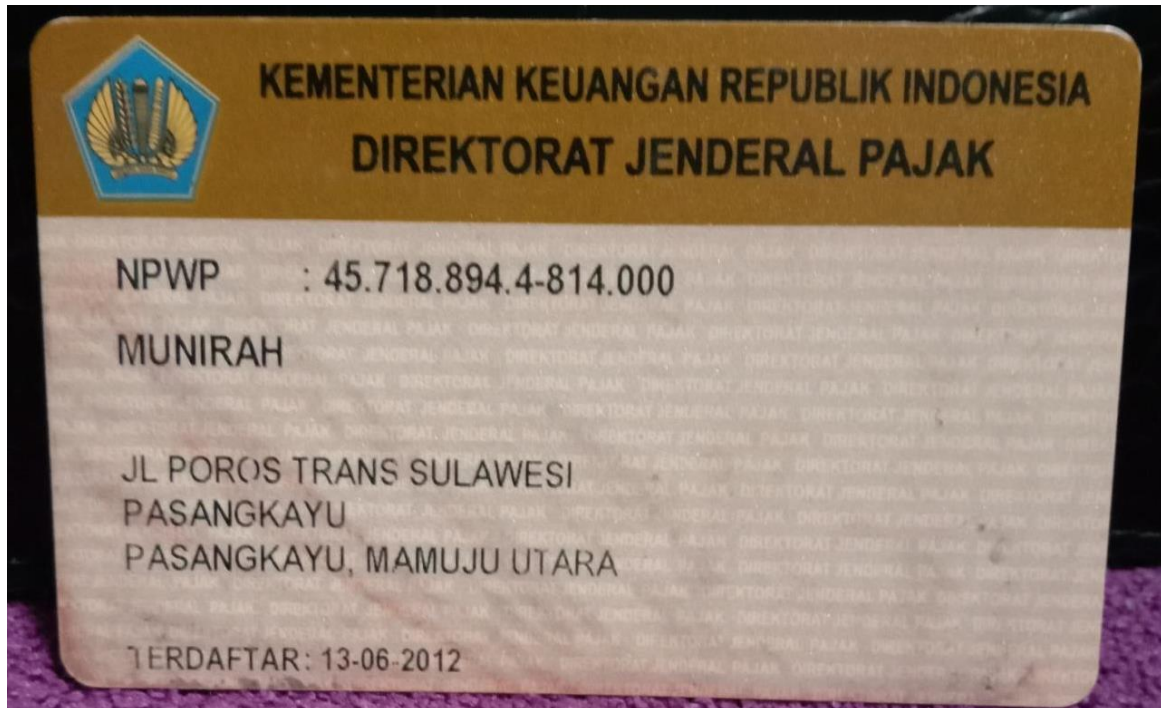
Mesin Virtual berbasis Mesin Turing Universal dengan 4 Pita sebagai  
Mesin Inferensi Sistem Pakar

## A. RINCIAN PENGUSUL HAK CIPTA

1. Nama : Dr. Aslan Alwi, M.Cs



2. Nama : Munirah M, S.Kom, M.T



## B. RINCIAN MESIN VIRTUAL

Bagian ini merinci mesin virtual yang diusulkan sebagai bagian utama dari pengusulan hak cipta. Rincian mesin virtual dimulai dengan sejumlah definisi terminologi yang digunakan di dalam menyatakan mesin virtual sebagai mesin inferensi.

### Konstruksi Mesin Virtual

Berikut ini, ingin dikemukakan sebuah mesin inferensi bagi sebuah *knowledge base* yang merepresentasikan sebuah bahasa *user*. Mesin inferensi ini berkedudukan sebagai mesin virtual atau *interpreter* atau *compiler* bagi bahasa yang dibangun oleh *knowledge base*. Untuk memelihara sifat umum dari konstruksi, maka *knowledge base* dilihat secara umum saja, yaitu bahwa himpunan rule yang menyusunnya dibangun oleh rule dalam bentuk umum yaitu rule dengan bentuk umum sebagai berikut:

$$\text{JIKA } X_1 \wedge X_2 \wedge X_3 \wedge \dots \wedge X_n \text{ MAKA } Y_1 \wedge Y_2 \wedge Y_3 \wedge \dots \wedge Y_m \quad (9.2)$$

Mesin inferensi tersebut dikonstruksikan menggunakan mesin Turing Universal. Akan tetapi, sebelum konstruksi ini dilakukan, terlebih dahulu (9.2) dienkode ke dalam simbol-simbol pita sebagai berikut:

Bentuk (9.2) dienkode dalam bentuk (9.3).

$$X_1, X_2, X_3, \dots, X_n: Y_1, Y_2, Y_3, \dots, Y_m \quad (9.3)$$

Sehingga bila di sana ada  $k$  buah rule maka ditulis dalam pita mesin Turing Universal adalah sebagai berikut:

$$X_{11}, X_{12}, X_{13}, \dots, X_{1n}: Y_{11}, Y_{12}, Y_{13}, \dots, Y_{1m} | X_{21}, X_{22}, X_{23}, \dots, X_{2n}: Y_{21}, Y_{22}, Y_{23}, \dots, Y_{2m} | X_{31}, X_{32}, X_{33}, \dots, X_{3n}: Y_{31}, Y_{32}, Y_{33}, \dots, Y_{3m} | \dots | X_{k1}, X_{k2}, X_{k3}, \dots, X_{kn}: Y_{k1}, Y_{k2}, Y_{k3}, \dots, Y_{km} | \quad (9.4)$$

Selanjutnya bentuk mesin Turing Universal dari mesin inferensi ini adalah sebagai berikut:

**Definisi 9.4 (mesin inferensi)** Sebuah Mesin Turing Universal untuk inferensi disebut sebagai MI. Sebuah MI adalah sebuah 6-tuple  $\langle Q, \Sigma, A, q_0, \delta, F \rangle$  di mana:

$Q$  adalah himpunan berhingga state

$F \subset Q$  adalah himpunan state accept

$q_0$  adalah state awal

$A = \{a, b, c, d, e, f, g, \dots, y, z, A, B, C, D, \dots, Z, 1, 2, 3, 4, \dots, 9, +, \_ \} (*, \&, \%, \$, \pounds, @, <, >, =, \leq, \geq, (, ), \dots)$  alphabet yang menyatakan semua karakter di keyboard ditambahkan simbol  $\leq$  dan  $\geq$ .

$\Sigma_{pita1}, \Sigma_{pita2}, \Sigma_{pita3}, \Sigma_{pita4} = A \cup \{\emptyset\}$  adalah himpunan simbol pita

$\delta: Q \times \Sigma_{pita1} \times \Sigma_{pita2} \times \Sigma_{pita3} \times \Sigma_{pita4} \Rightarrow Q \times \Sigma_{pita1} \times \Sigma_{pita2} \times \Sigma_{pita3} \times \Sigma_{pita4} \times Z_{pita1} \times Z_{pita2} \times Z_{pita3} \times Z_{pita4}$

Penulisan  $\delta$  disingkat:  $\delta: Q \times \Sigma^4 \Rightarrow Q \times \Sigma^4 \times Z^4$

$Z_{pita1}, Z_{pita2}, Z_{pita3}, Z_{pita4} = Z$  adalah himpunan bilangan bulat yang menyatakan perpindahan head di pita 1, 2, 3 dan 4.

Memiliki 4 pita

Semua head pita (pita 1, 2, 3 dan 4) membaca pita dari kiri ke kanan dan dia juga menulis dari kiri ke kanan.

Selanjutnya Mesin Turing Universal ini dikatakan saja secara ringkas sebagai Mesin Turing yang terdiri dari 4 pita di mana setiap pita dideskripsikan sebagai berikut:

#### **Pita 1:**

- Pita 1 menampung semua fakta yang diberikan oleh *user* dan semua fakta yang nantinya diinferensikan oleh sistem.
- Semua fakta ditulis di dalam pita baik secaraurut atau tidak.

#### **Pita 2:**

- Pita 2 menampung nilai *counter* dari mesin *Turing*, yang menyatakan nilai posisi *head* pada pita 1 yang harus dibaca oleh mesin *Turing*.

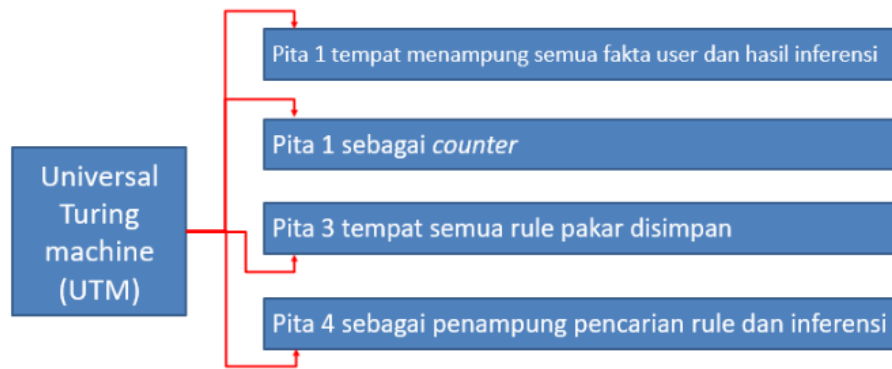
#### **Pita 3:**

- Pita 3 menampung semua rule yang dibuat oleh pakar, ditulis urut di dalam pita dan dipisahkan oleh sebuah simbol pita.

#### **Pita 4:**

- Pita 4 menampung hasil pencarian rule pada pita 3, kemudian digunakan untuk pencarian berikut untuk melakukan inferensi dan pencoretan rule pada pita 3.

Deskripsi mesin Turing untuk mesin inferensi ini dapat digambarkan sebagaimana Gambar 9.4. Selanjutnya mesin Turing yang menyatakan mesin inferensi ini dinyatakan sebagai mesin Turing inferensi atau mesin inferensi saja (MI).



**Gambar 9.4. Konstruksi Mesin Inferensi Menggunakan Mesin Turing**

Cara kerja mesin *Turing* inferensi (MI) dinyatakan sebagai berikut:

#### **Inisialisasi:**

- Step 0: MI menulis semua fakta yang diberikan *user* pada pita 1, lalu menempatkan *head* pita pada posisi sel pertama.
- Step 1: MI menulis posisi *head* pita 1 pada sel pertama pita 2 (inisialisasi *counter*, dapat dimulai dari 0)
- Step 2: MI menulis semua rule pakar pada pita 3 dan menempatkan *head* pada sel pertama pita 3.
- Step 3: MI mengosongkan pita 4.

#### **Inferensi:**

- Step 0: MI membaca sel pertama pita 2.
- Step 1: MI menempatkan *head* pita 1 pada posisi yang dibaca pada step 0, lalu membaca isi selnya, misal terbaca  $X_i$ . Jika  $\emptyset$  yaitu blank, maka MI HALT, hasil inferensi adalah pita 1. Jika tidak blank maka lanjut ke step 2.
- Step 2: MI lalu membaca pita 3 dan dia mencari seluruh rule yang belum dicoret dan bagian antesedennya memuat  $X_i$ , jika tidak ketemu maka MI melompat ke step 8, jika ketemu maka semua rule yang mengandung  $X_i$  disalin ke pita 4, lalu lanjut ke step 3.
- Step 3: MI lalu mengembalikan *head* pita 1 ke sel pertama pita 1, membaca isinya (fakta sebagai isi sel).
- Step 4: MI lalu mencari fakta yang terbaca di pita 1 yang tertulis pada bagian anteseden seluruh rule pada pita 4, jika ketemu maka fakta pada rule ditandai dengan merubahnya menjadi blank atau  $\emptyset$ .

- Step 5: MI lalu menggerakkan *head* pita 1 ke sel berikut sebanyak 1 langkah (1 sel) ke kanan, lalu membaca isinya. Jika yang terbaca adalah blank atau  $\emptyset$  maka lanjut ke step 6. Jika bukan blank atau  $\emptyset$  maka ulangi step 4.
- Step 6: Cari pada pita 4 semua rule yang bagian antesedennya bertanda blank atau  $\emptyset$ . Jika tidak ketemu maka lompat ke step 8. Jika ketemu maka tulis setiap fakta baru (fakta yang belum ada pada pita 1) yang dihasilkannya (bagian konsekuen rule) pada pita 1 menambah fakta pada pita 1. Fakta-fakta baru ditulis segera setelah sel terakhir pita 1 yang berisi fakta sebelumnya. Lanjut ke step 7.
- Step 7: MI mencoret seluruh rule yang antesedennya ditandai  $\emptyset$  pada pita 3 (mencoret bisa berarti menandai  $\emptyset$  seluruh anteseden dan konsekuen rule tersebut pada pita 3), dan mengembalikan posisi *head* pita 3 ke sel pertama pita 3.
- Step 8: MI menaikkan nilai *counter* sebanyak 1 satuan pada sel pertama pita 2.
- Step 9: MI membersihkan seluruh pita 4, dan mengembalikan posisi *head* ke sel pertama pita 4.
- Step 10: MI kembali ke step 0.

### Demonstrasi Cara Kerja

Selanjutnya ditunjukkan sebuah demonstrasi bagaimana mesin inferensi ini bekerja dalam urutan *forward chaining*. Untuk mendemonstrasikan cara kerja mesin inferensi ini diberikan sebuah contoh berupa sekumpulan rule sebagaimana bentuk (9.2) sebagai berikut:

Misalkan terdapat fakta-fakta berikut yang diberikan oleh *user* kepada sistem pakar. Yaitu A, B, K, dan L.

Misalkan sistem pakar memiliki rule-rule sebagai berikut:

- Jika A dan B maka C
- Jika C maka D
- Jika D dan K maka M
- Jika M dan L maka T dan A

Dengan deduksi menggunakan pensil fakta-fakta yang tersedia adalah A, B, K dan L dapat dideduksikan sebagai berikut:

**Fakta:** A, B, K dan L

**Tetapi rule:** Jika A dan B maka C



**Maka fakta yang diperoleh:** C, A, B, K dan L.

**Tetapi rule:** Jika C maka D

**Maka fakta yang diperoleh berikutnya:** D, C, A, B, K dan L.

**Tetapi rule:** Jika D dan K maka M

**Maka fakta berikutnya:** M, D, C, A, B, K dan L

**Tetapi rule:** Jika M dan L maka T dan A

**Maka fakta berikutnya:** T, M, D, C, A, B, K dan L

**Kesimpulan akhir:** T, M, D, C, A, B, K dan L

Selanjutnya didemonstrasikan bahwa deduksi seperti itu dapat dilakukan secara otomatis oleh mesin inferensi MI. Untuk mendemonstrasikan inferensi menggunakan mesin *Turing* inferensi (MI) maka rule-rule dienkode menjadi:

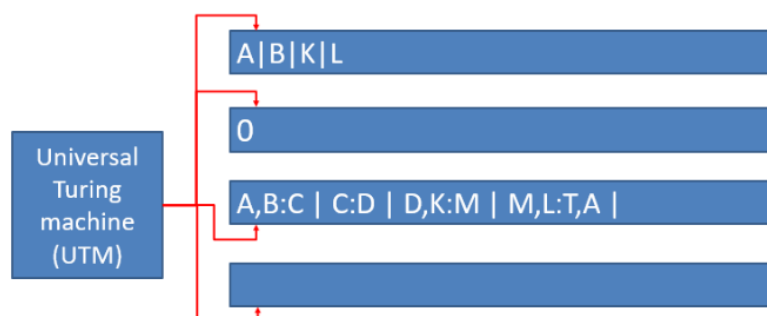
- A,B:C
- C:D
- D,K:M
- M,L:T,A

Selanjutnya mesin *Turing* inferensi bekerja sebagai berikut:

#### Inisialisasi:

- Step 0: MI menulis pada pita 1 semua fakta A, B, K, dan L yang diberikan *user*, lalu menempatkan *head* pita pada posisi sel pertama.
- Step 1: MI menulis posisi *head* pita 1 pada sel pertama pita 2 (inisialisasi *counter*, dapat dimulai dari 0)
- Step 2: MI menulis semua encoding rule pakar yaitu A,B:C|C:D|D,K:M|M,L:T,A| pada pita 3 dan menempatkan *head* pada sel pertama pita 3.
- Step 3: MI mengosongkan pita 4.

Tahapan inisialisasi ini diilustrasikan oleh Gambar 9.5 sebagaimana berikut.



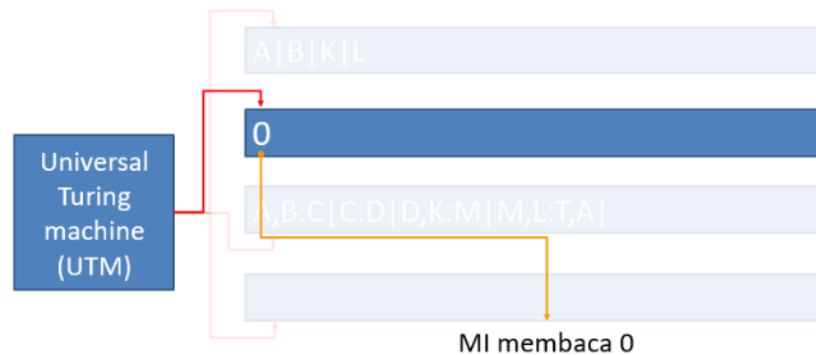
### Gambar 9.5. Keadaan Mesin Inferensi Saat Inisialisasi

Langkah selanjutnya:

#### Inferensi:

- Step 0:

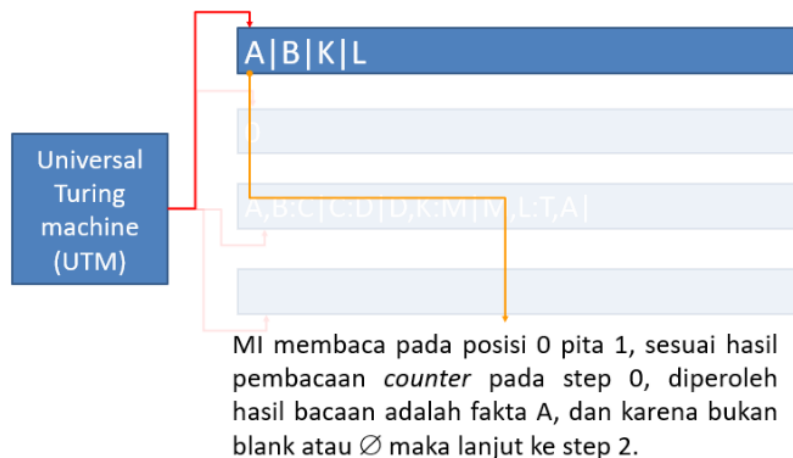
Gambar 9.6. mengilustrasikan step 0 di mana MI membaca sel pertama pita 2.



Gambar 9.6. MI Membaca Pita 2

- Step 1:

Gambar 9.7 mengilustrasikan step 1 di mana MI menempatkan *head* pita 1 pada posisi yang dibaca pada step 0, lalu membaca isi selnya, misal terbaca  $X_i$ . Jika  $\emptyset$  yaitu blank, maka MI HALT, hasil inferensi adalah pita 1. Jika tidak blank maka lanjut ke step 2.



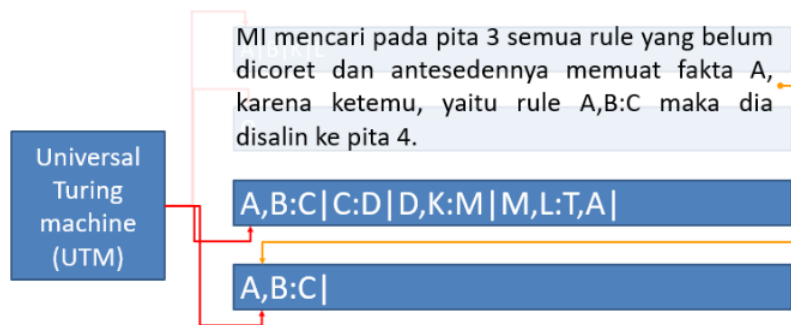
Gambar 9.7. MI Membaca Pita 1

- Step 2:

Gambar 9.8 mengilustrasikan step 2 di mana MI lalu membaca pita 3 dan dia mencari seluruh rule yang belum dicoret dan bagian antesedennya memuat A, jika tidak ketemu maka MI



melompat ke step 8, jika ketemu maka semua rule yang mengandung A disalin ke pita 4, lalu ke step 3.



**Gambar 9.8. MI Mengeksekusi Step 2**

- Step 3:

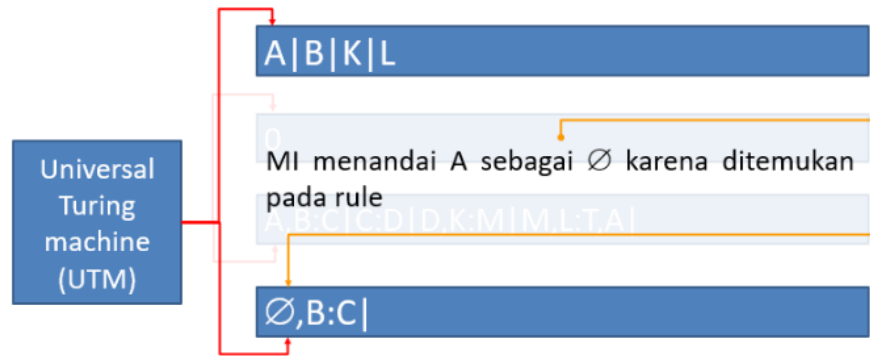
Gambar 9.9 mengilustrasikan step 3 di mana MI lalu mengembalikan *head* pita 1 ke sel pertama pita 1, membaca isinya (fakta sebagai isi sel).



**Gambar 9.9. MI Mengeksekusi Step 3**

- Step 4:

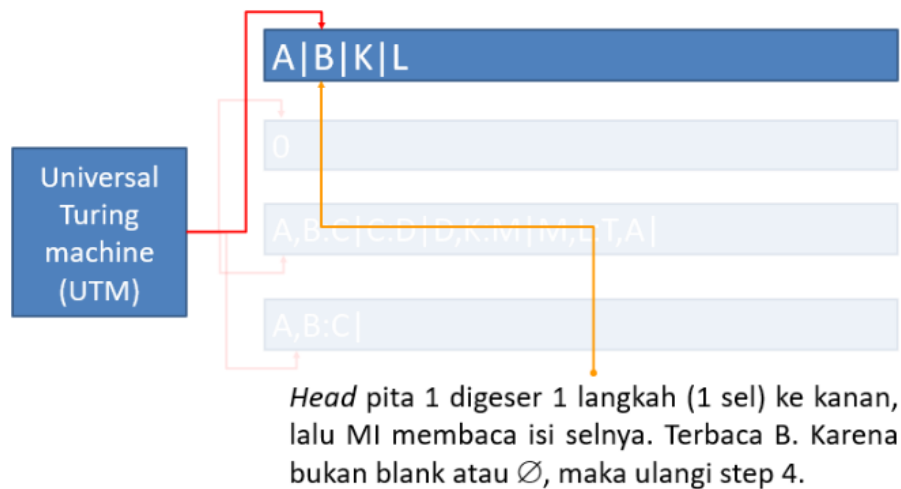
Gambar 9.10 mengilustrasikan step 4 di mana MI lalu mencari fakta yang terbaca di pita 1 yang tertulis pada bagian anteseden seluruh rule pada pita 4, jika ketemu maka fakta pada rule ditandai dengan merubahnya menjadi blank atau  $\emptyset$ .



**Gambar 9.10. MI Mengeksekusi Step 4**

- Step 5:

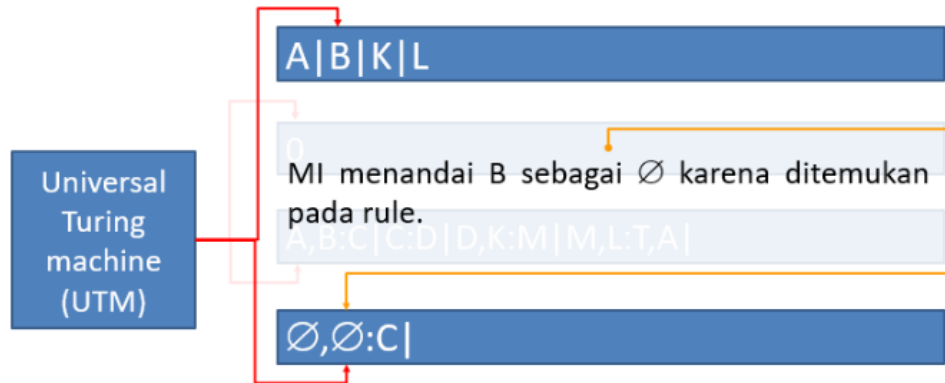
Gambar 9.11 mengilustrasikan step 5 di mana MI lalu menggerakkan *head* pita 1 ke sel berikut sebanyak 1 langkah (1 sel) ke kanan, lalu membaca isinya. Jika yang terbaca adalah blank atau  $\emptyset$  maka lanjut ke step 6. Jika bukan blank atau  $\emptyset$  maka ulangi step 4.



**Gambar 9.11. MI Mengeksekusi Step 5**

- Ulangi step 4:

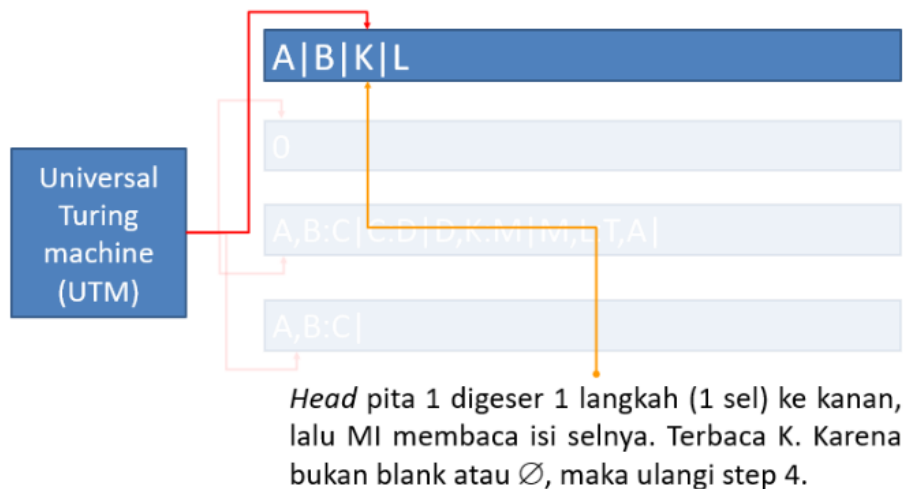
Gambar 9.12 mengilustrasikan step 4 di mana MI lalu mencari fakta yang terbaca di pita 1 yang tertulis pada bagian anteseden seluruh rule pada pita 4, jika ketemu maka fakta pada rule ditandai dengan merubahnya menjadi blank atau  $\emptyset$ .



**Gambar 9.12. MI Mengeksekusi Perulangan Step 4**

- Step 5:

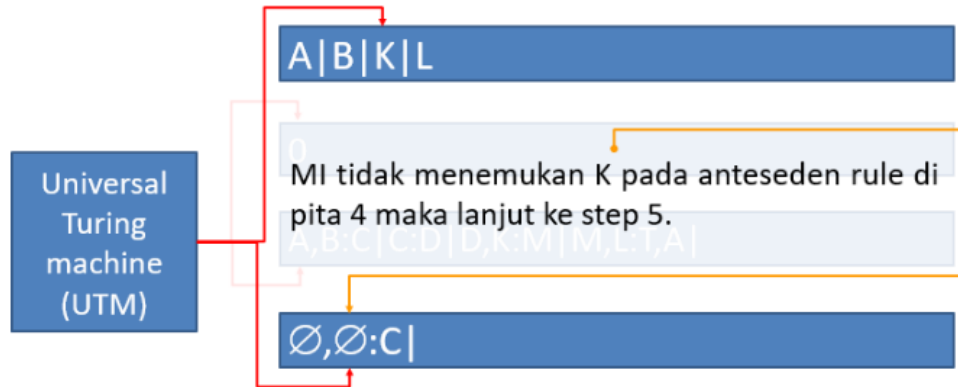
Gambar 9.13 mengilustrasikan step 5 di mana MI lalu menggerakkan *head* pita 1 ke sel berikut sebanyak 1 langkah (1 sel) ke kanan, lalu membaca isinya. Jika yang terbaca adalah blank atau  $\emptyset$  maka lanjut ke step 6. Jika bukan blank atau  $\emptyset$  maka ulangi step 4.



**Gambar 9.13. MI Mengeksekusi Step 5 Berikut**

- Ulangi step 4:

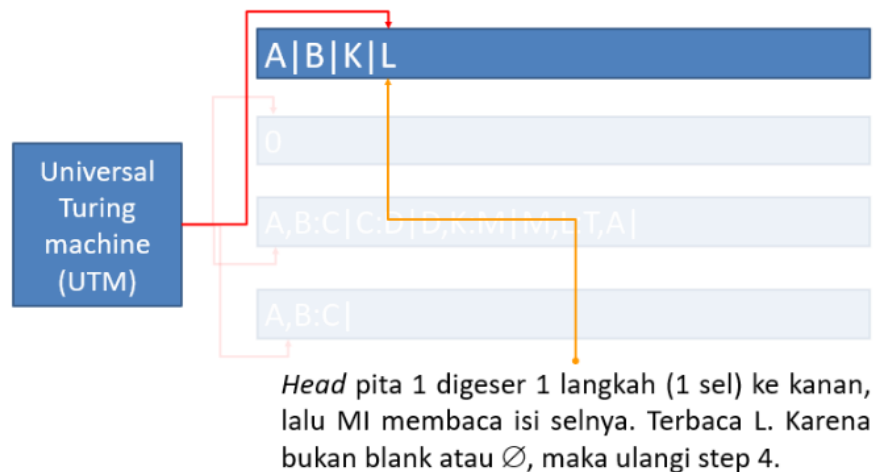
Gambar 9.14 mengilustrasikan step 4 di mana MI lalu mencari fakta yang terbaca di pita 1 yang tertulis pada bagian anteseden seluruh rule pada pita 4, jika ketemu maka fakta pada rule ditandai dengan merubahnya menjadi blank atau  $\emptyset$ .



**Gambar 9.14. MI Mengeksekusi Ulangan Step 4**

- Step 5:

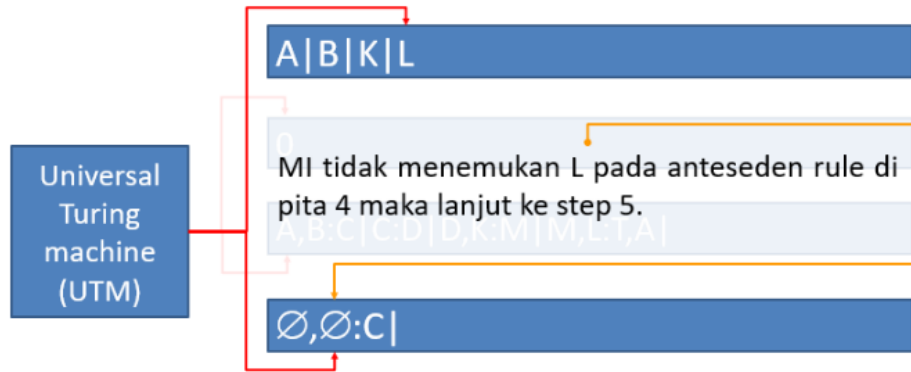
Gambar 9.15 mengilustrasikan step 5 di mana MI lalu menggerakkan *head* pita 1 ke sel berikut sebanyak 1 langkah (1 sel) ke kanan, lalu membaca isinya. Jika yang terbaca adalah blank atau  $\emptyset$  maka lanjut ke step 6. Jika bukan blank atau  $\emptyset$  maka ulangi step 4.



**Gambar 9.15. MI Mengeksekusi Step 5**

- Ulangi step 4:

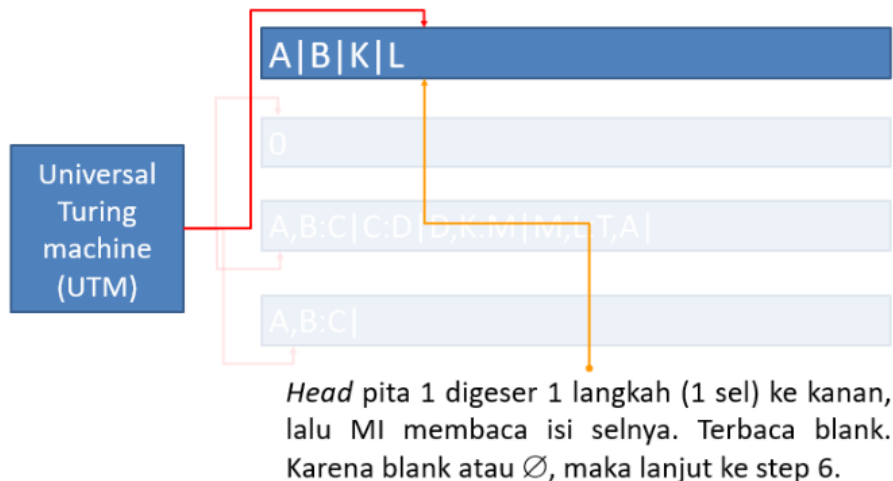
Gambar 9.16 mengilustrasikan step 4 di mana MI lalu mencari fakta yang terbaca di pita 1 yang tertulis pada bagian anteseden seluruh rule pada pita 4, jika ketemu maka fakta pada rule ditandai dengan merubahnya menjadi blank atau  $\emptyset$ .



**Gambar 9.16. MI Mengeksekusi Ulangi Step 4**

- Step 5:

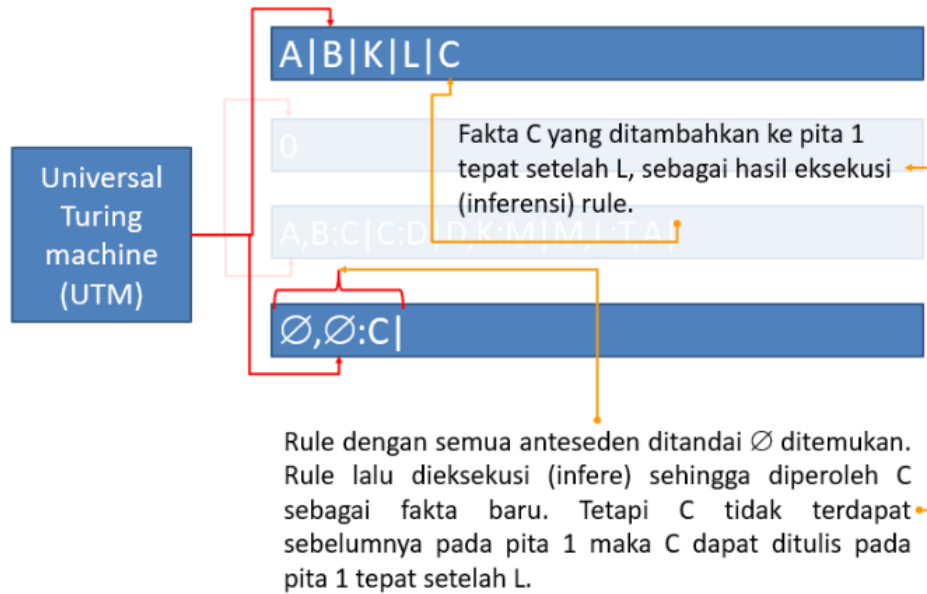
Gambar 9.17 mengilustrasikan step 5 di mana MI lalu menggerakkan *head* pita 1 ke sel berikut sebanyak 1 langkah (1 sel) ke kanan, lalu membaca isinya. Jika yang terbaca adalah blank atau  $\emptyset$  maka lanjut ke step 6. Jika bukan blank atau  $\emptyset$  maka ulangi step 4.



**Gambar 9.17. MI Mengeksekusi Ulangi Step 5**

- Step 6:

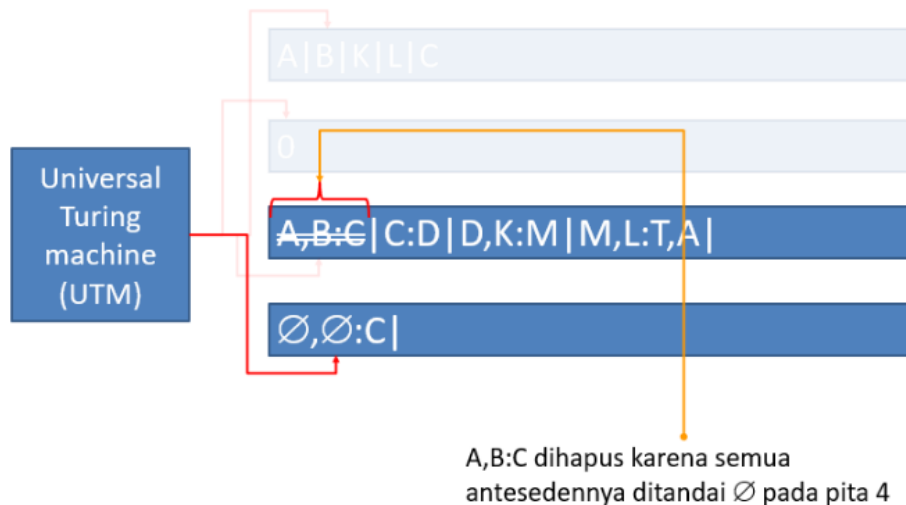
Gambar 9.18 mengilustrasikan step 6 di mana MI mencari pada pita 4 semua rule yang bagian antesedennya bertanda blank atau  $\emptyset$ . Jika tidak ketemu maka lompat ke step 8. Jika ketemu maka tulis setiap fakta baru (fakta yang belum ada pada pita 1) yang dihasilkannya (bagian konsekuen rule) pada pita 1 menambah fakta pada pita 1. Fakta-fakta baru ditulis segera setelah sel terakhir pita 1 yang berisi fakta sebelumnya. Lanjut ke step 7.



**Gambar 9.18. MI Mengeksekusi Step 6**

- Step 7:

Gambar 9.19 mengilustrasikan step 7 di mana MI menghapus seluruh rule yang antesedennya ditandai Ø pada pita 3, dan mengembalikan posisi *head* pita 3 ke sel pertama pita 3.



**Gambar 9.19. MI Mengeksekusi Step 7**

- Step 8:

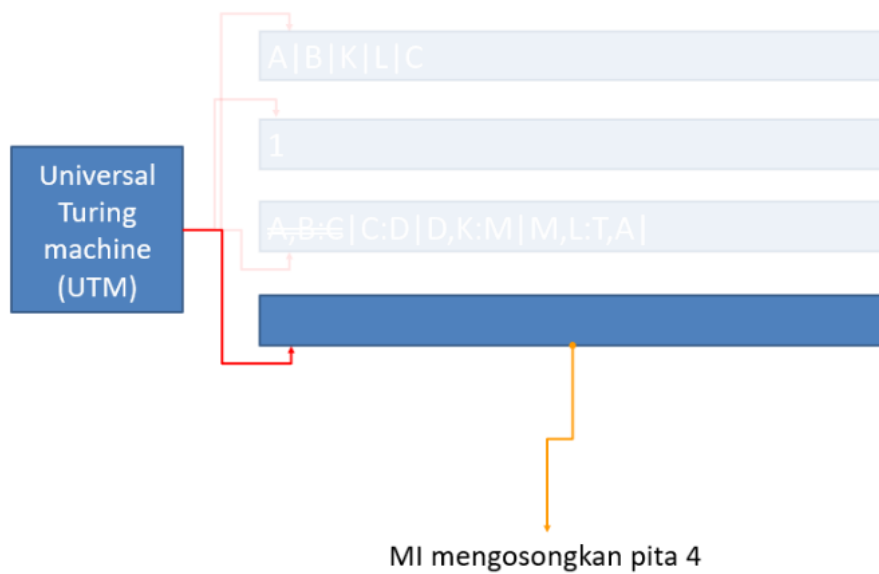
Gambar 9.20 mengilustrasikan step 8 di mana MI menaikkan nilai *counter* sebanyak 1 satuan pada sel pertama pita 2.



**Gambar 9.20. MI Mengeksekusi Step 8**

- Step 9:

Gambar 9.21 mengilustrasikan step 9 di mana MI membersihkan seluruh pita 4, dan mengembalikan posisi *head* ke sel pertama pita 4.

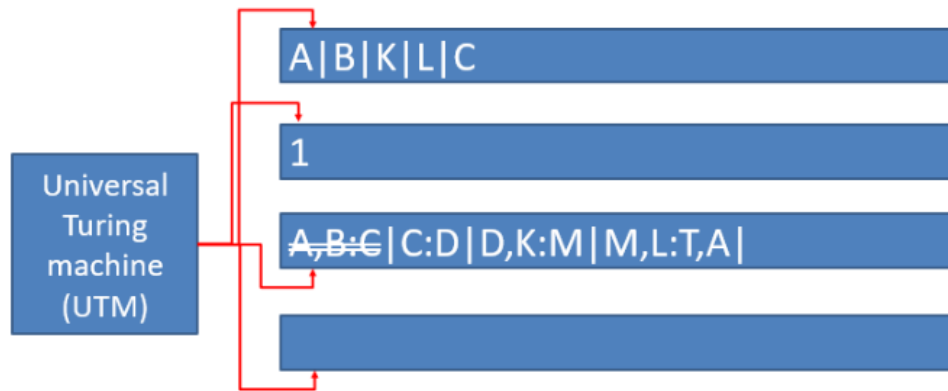


**Gambar 9.21. MI Mengeksekusi Step 9**

- Step 10:

Gambar 9.22 mengilustrasikan step 10 di mana MI kembali ke step 0.

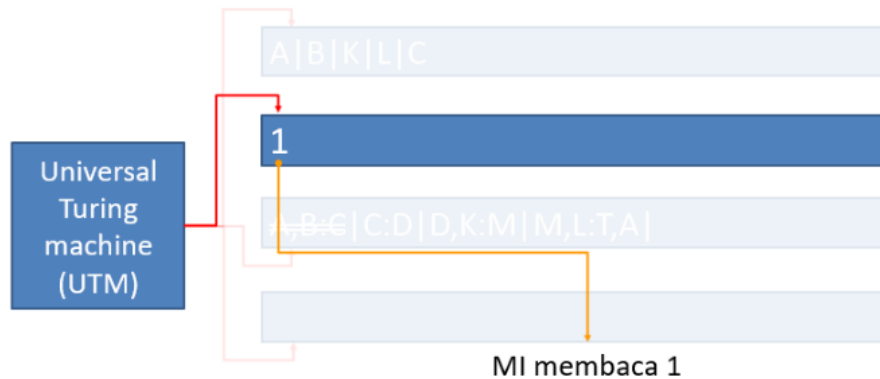




**Gambar 9.22. MI Mengeksekusi Step 10**

- Ulangi step 0:

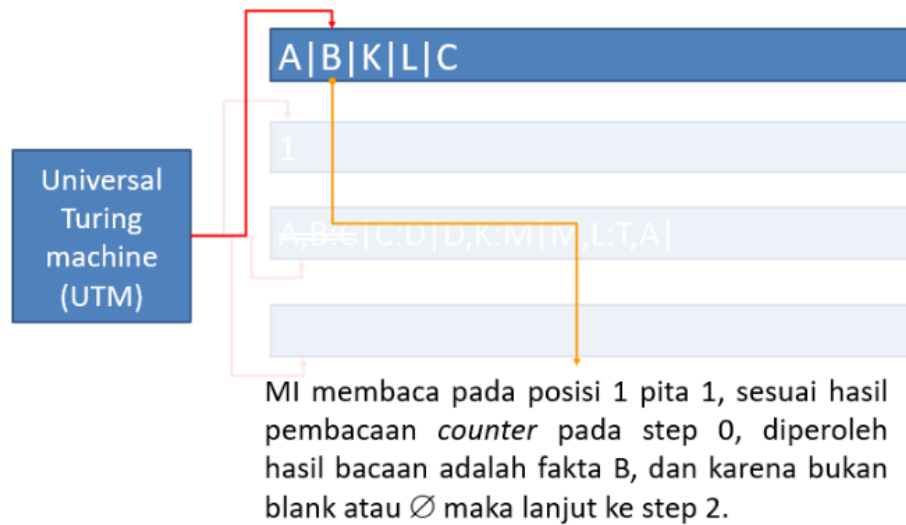
Gambar 9.23 mengilustrasikan step 0 di mana MI membaca sel pertama pita 2.



**Gambar 9.23. MI Mengeksekusi Step 0 Putaran Kedua**

- Ulangi step 1:

Gambar 9.24 mengilustrasikan step 1 di mana MI menempatkan *head* pita 1 pada posisi yang dibaca pada step 0, lalu membaca isi selnya, misal terbaca  $X_i$ . Jika  $\emptyset$  yaitu blank, maka MI HALT, hasil inferensi adalah pita 1. Jika tidak blank maka lanjut ke step 2.



**Gambar 9.24. MI Mengeksekusi Step 1 Putaran Kedua**

- Ulangi step 2:

Gambar 9.25 mengilustrasikan step 2 di mana MI lalu membaca pita 3 dan dia mencari seluruh rule yang belum dicoret dan bagian antesedennya memuat *B*, jika tidak ketemu maka MI melompat ke step 8, jika ketemu maka semua rule yang mengandung *B* disalin ke pita 4.



**Gambar 9.25. MI Mengeksekusi Step 2 Putaran Kedua**

- Loncat ke step 8:

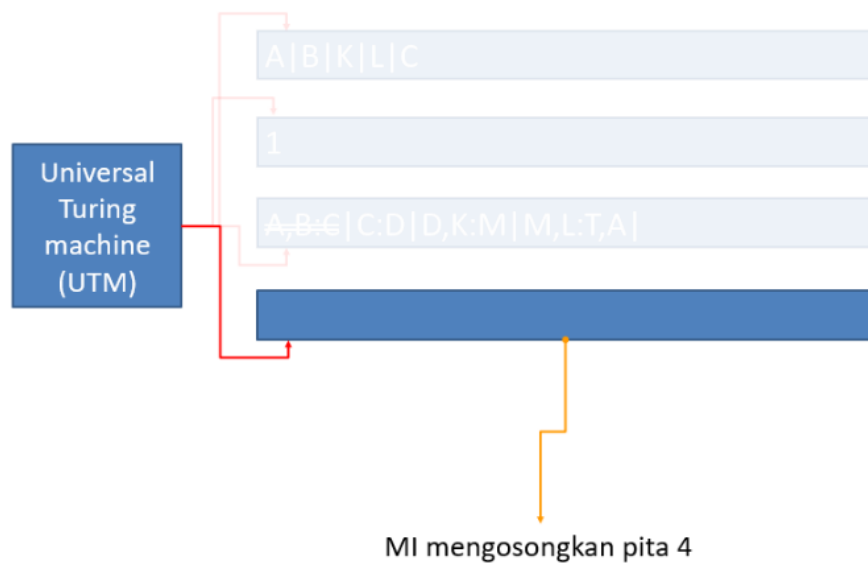
Gambar 9.26 mengilustrasikan step 8 di mana MI menaikkan nilai *counter* sebanyak 1 satuan pada sel pertama pita 2.



**Gambar 9.26. MI Mengeksekusi Step 8 Putaran Kedua**

- Ulangi step 9:

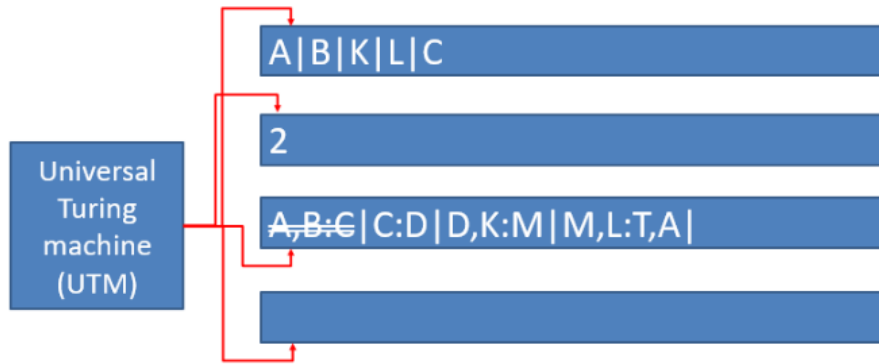
Gambar 9.27 mengilustrasikan step 9 di mana MI membersihkan seluruh pita 4, dan mengembalikan posisi *head* ke sel pertama pita 4.



**Gambar 9.27. MI Mengeksekusi Step 9 Putaran Kedua**

- Ulangi step 10:

Gambar 9.28 mengilustrasikan step 10 di mana MI kembali ke step 0.



**Gambar 9.28. MI mengeksekusi step 10 putaran kedua**

- Ulangi step 0:

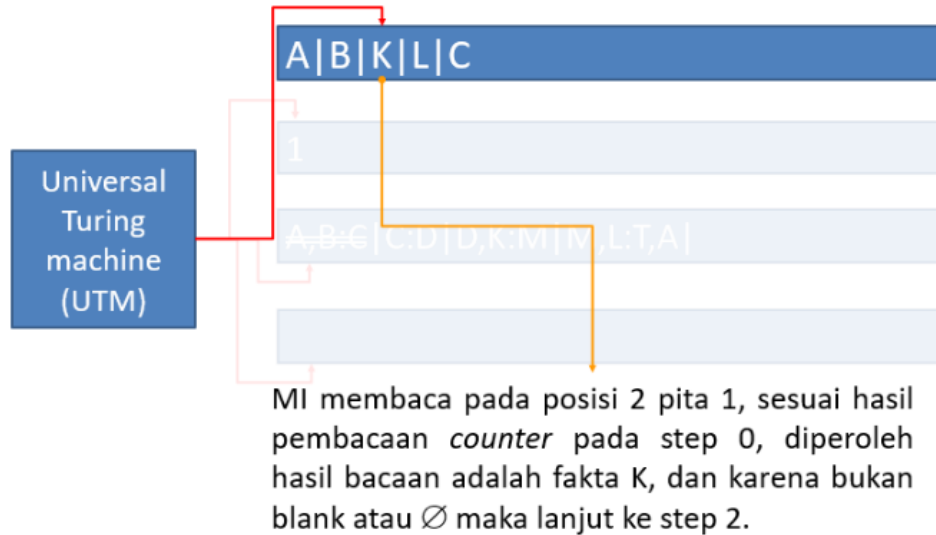
Gambar 9.29 mengilustrasikan step 0 di mana MI membaca sel pertama pita 2.



**Gambar 9.29. MI Mengeksekusi Step 0 Putaran Ketiga**

- Ulangi step 1:

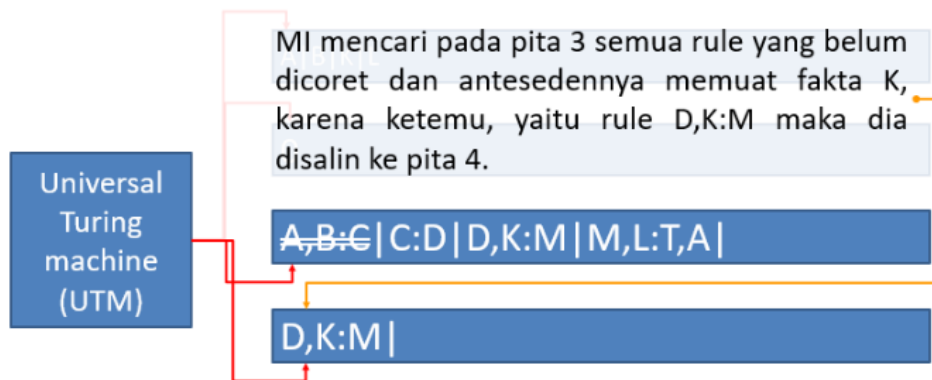
Gambar 9.30 mengilustrasikan step 1 di mana MI menempatkan *head* pita 1 pada posisi yang dibaca pada step 0, lalu membaca isi selnya, misal terbaca  $X_i$ . Jika  $\emptyset$  yaitu blank, maka MI HALT. Jika tidak blank maka lanjut ke step 2.



**Gambar 9.30. MI Mengeksekusi Step 1 Putaran Ketiga**

- Ulangi step 2:

Gambar 9.31 mengilustrasikan step 2 di mana MI lalu membaca pita 3 dan dia mencari seluruh rule yang belum dicoret dan bagian antesedennya memuat K, jika tidak ketemu maka MI melompat ke step 8, jika ketemu maka semua rule yang mengandung K disalin ke pita 4.



**Gambar 9.31. MI Mengeksekusi Step 2 Putaran Ketiga**

- Ulangi step 3:

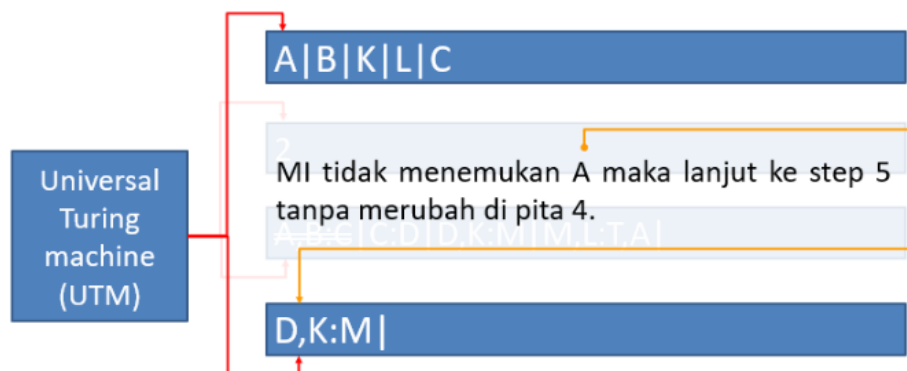
Gambar 9.32 mengilustrasikan step 3 di mana MI lalu mengembalikan *head* pita 1 ke sel pertama pita 1, membaca isinya (fakta sebagai isi sel).



**Gambar 9.32. MI Mengeksekusi Step 3 Putaran Ketiga**

- Ulangi step 4:

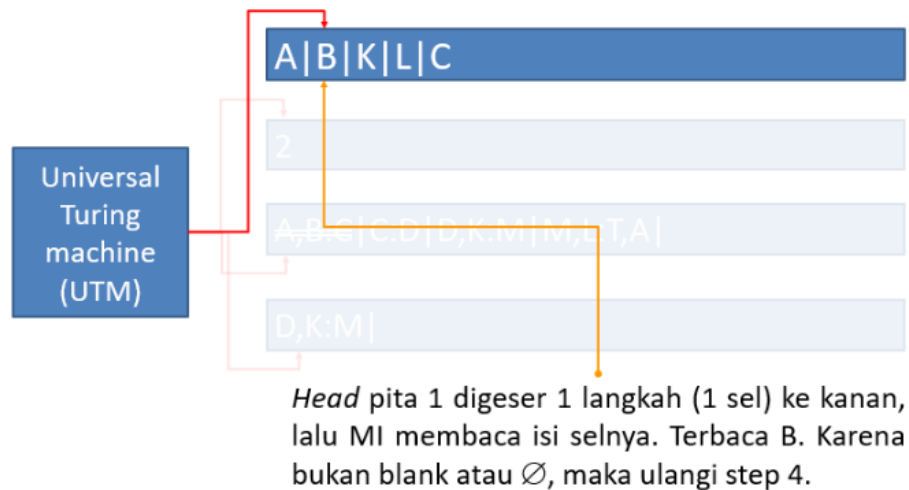
Gambar 9.33 mengilustrasikan step 4 di mana MI lalu mencari fakta yang terbaca di pita 1 yang tertulis pada bagian anteseden seluruh rule pada pita 4, jika ketemu maka fakta pada rule ditandai dengan merubahnya menjadi blank atau  $\emptyset$ .



**Gambar 9.33. MI Mengeksekusi Step 4 Putaran Ketiga**

- Ulangi step 5:

Gambar 9.34 mengilustrasikan step 5 di mana MI lalu menggerakkan *head* pita 1 ke sel berikut sebanyak 1 langkah (1 sel) ke kanan, lalu membaca isinya. Jika yang terbaca adalah blank atau  $\emptyset$  maka lanjut ke step 6. Jika bukan blank atau  $\emptyset$  maka ulangi step 4.



**Gambar 9.34. MI Mengeksekusi Step 5 Putaran Ketiga**

- Ulangi step 4:

Gambar 9.35 mengilustrasikan step 4 di mana MI lalu mencari fakta yang terbaca di pita 1 yang tertulis pada bagian anteseden seluruh rule pada pita 4, jika ketemu maka fakta pada rule ditandai dengan merubahnya menjadi blank atau  $\emptyset$ .

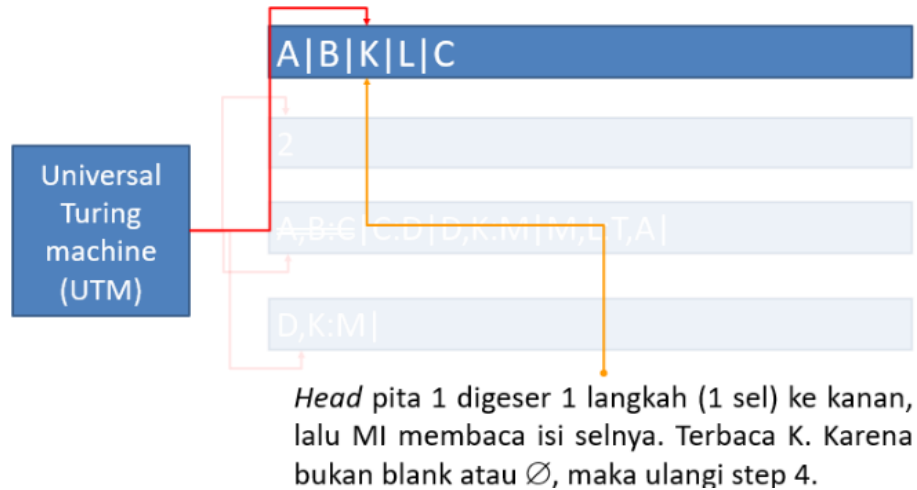


**Gambar 9.35. MI Mengeksekusi Ulangan Step 4 Putaran Ketiga**

- Ulangi step 5:

Gambar 9.36 mengilustrasikan step 5 di mana MI lalu menggerakkan *head* pita 1 ke sel berikut sebanyak 1 langkah (1 sel) ke kanan, lalu membaca isinya. Jika yang terbaca adalah blank atau  $\emptyset$  maka lanjut ke step 6. Jika bukan blank atau  $\emptyset$  maka ulangi step 4.

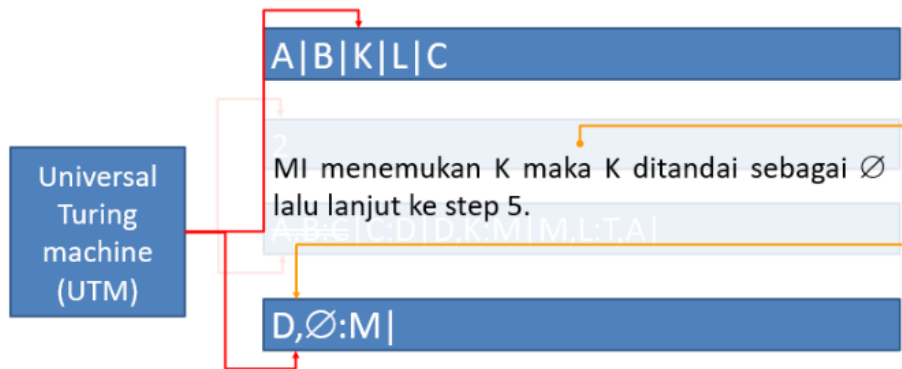




**Gambar 9.36. MI Mengeksekusi Ulangan Step 5 Putaran Ketiga**

- Ulangi step 4:

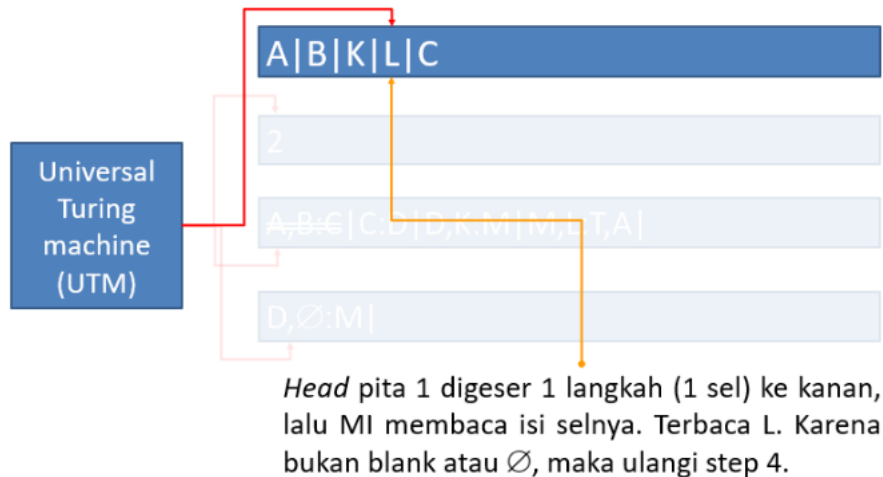
Gambar 9.37 mengilustrasikan step 4 di mana MI lalu mencari fakta yang terbaca di pita 1 yang tertulis pada bagian anteseden seluruh rule pada pita 4, jika ketemu maka fakta pada rule ditandai dengan merubahnya menjadi blank atau  $\emptyset$ .



**Gambar 9.37. MI Mengeksekusi Ulangan Step 4 Putaran Ketiga**

- Ulangi step 5:

Gambar 9.38 mengilustrasikan step 5 di mana MI lalu menggerakkan *head* pita 1 ke sel berikut sebanyak 1 langkah (1 sel) ke kanan, lalu membaca isinya. Jika yang terbaca adalah blank atau  $\emptyset$  maka lanjut ke step 6. Jika bukan blank atau  $\emptyset$  maka ulangi step 4.



**Gambar 9.38. MI Mengeksekusi Ulangan Step 5 Putaran Ketiga**

- Ulangi step 4:

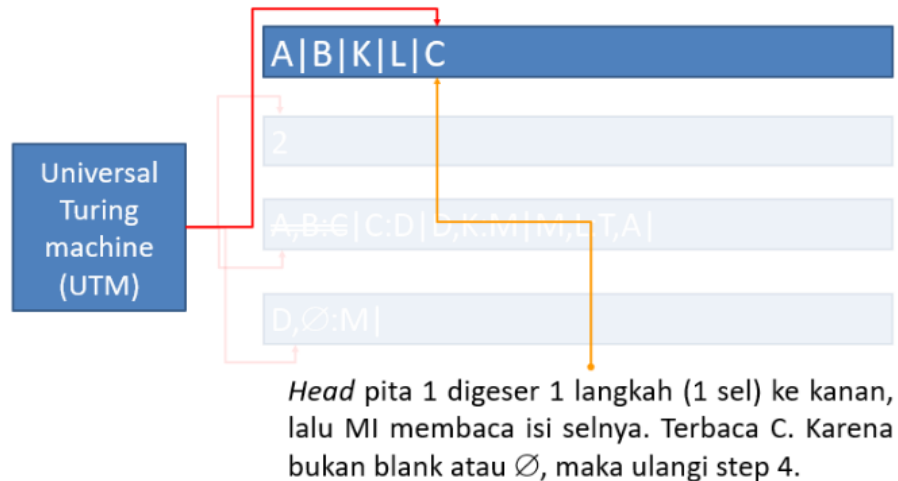
Gambar 9.39 mengilustrasikan step 4 di mana MI lalu mencari fakta yang terbaca di pita 1 yang tertulis pada bagian anteseden seluruh rule pada pita 4, jika ketemu maka fakta pada rule ditandai dengan merubahnya menjadi blank atau  $\emptyset$ .



**Gambar 9.39. MI Mengeksekusi Ulangan Step 4 Putaran Ketiga**

- Ulangi step 5:

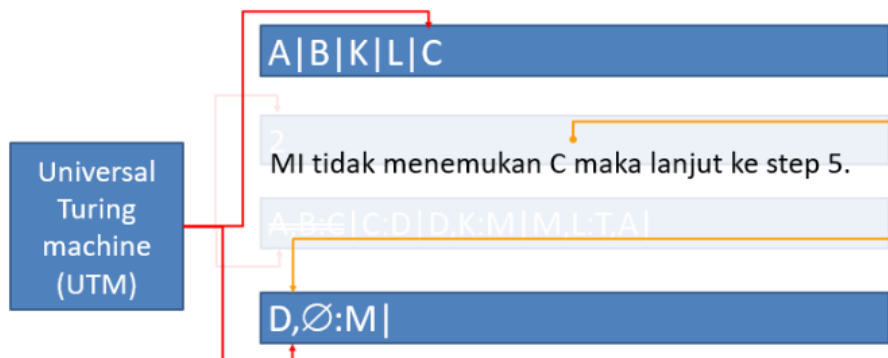
Gambar 9.40 mengilustrasikan step 5 di mana MI lalu menggerakkan *head* pita 1 ke sel berikut sebanyak 1 langkah (1 sel) ke kanan, lalu membaca isinya. Jika yang terbaca adalah blank atau  $\emptyset$  maka lanjut ke step 6. Jika bukan blank atau  $\emptyset$  maka ulangi step 4.



**Gambar 9.40. MI Mengeksekusi Ulangan Step 5 Putaran Ketiga**

- Ulangi step 4:

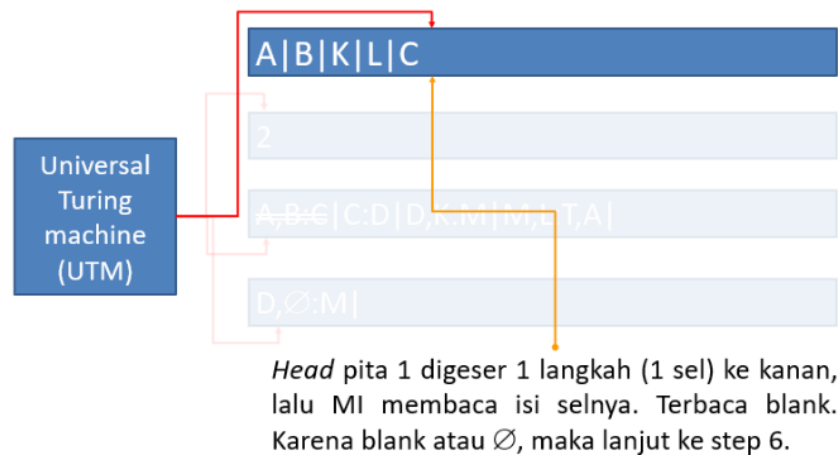
Gambar 9.41 mengilustrasikan step 4 di mana MI lalu mencari fakta yang terbaca di pita 1 yang tertulis pada bagian anteseden seluruh rule pada pita 4, jika ketemu maka fakta pada rule ditandai dengan merubahnya menjadi blank atau  $\emptyset$ .



**Gambar 9.41. MI Mengeksekusi Ulangan Step 4 Putaran Ketiga**

- Ulangi step 5:

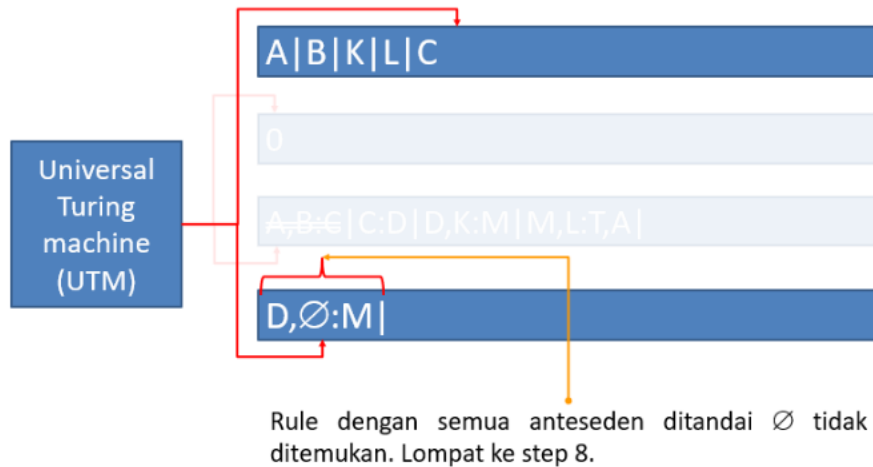
Gambar 9.42 mengilustrasikan step 5 di mana MI lalu menggerakkan *head* pita 1 ke sel berikut sebanyak 1 langkah (1 sel) ke kanan, lalu membaca isinya. Jika yang terbaca adalah blank atau  $\emptyset$  maka lanjut ke step 6. Jika bukan blank atau  $\emptyset$  maka ulangi step 4.



**Gambar 9.42. MI Mengeksekusi Ulangan Step 5 Putaran Ketiga**

- Step 6:

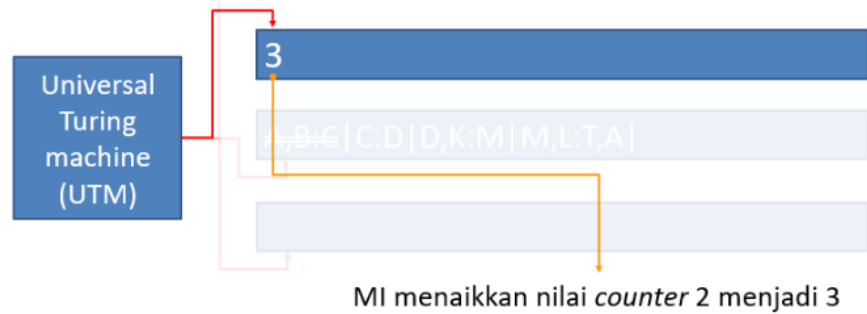
Gambar 9.43 mengilustrasikan step 6 di mana Cari pada pita 4 semua rule yang bagian antesedennya bertanda blank atau  $\emptyset$ . Jika tidak ketemu maka lompat ke step 8. Jika ketemu maka tulis setiap fakta baru (fakta yang belum ada pada pita 1) yang dihasilkannya (bagian konsekuen rule) pada pita 1 menambah fakta pada pita 1. Fakta-fakta baru ditulis segera setelah sel terakhir pita 1 yang berisi fakta sebelumnya. Lanjut ke step 7.



**Gambar 9.43. MI Mengeksekusi Step 6 Putaran Ketiga**

- Step 8:

Gambar 9.44 mengilustrasikan step 8 di mana MI menaikkan nilai *counter* sebanyak 1 satuan pada sel pertama pita 2.



**Gambar 9.44. MI Mengeksekusi Step 8 Putaran Ketiga**

- Step 9:

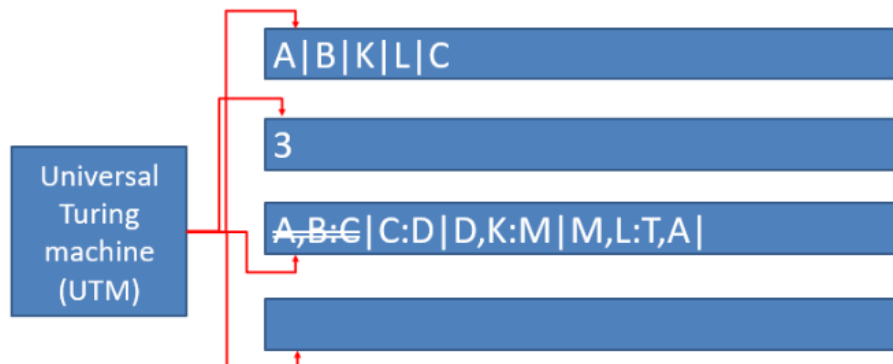
Gambar 9.45 mengilustrasikan step 9 di mana MI membersihkan seluruh pita 4, dan mengembalikan posisi *head* ke sel pertama pita 4.



**Gambar 9.45. MI Mengeksekusi Step 9 Putaran Ketiga**

- Step 10:

Gambar 9.46 mengilustrasikan step 10 di mana MI kembali ke step 0.



**Gambar 9.46. MI Mengeksekusi Step 10 Putaran Ketiga**

- Ulangi step 0:

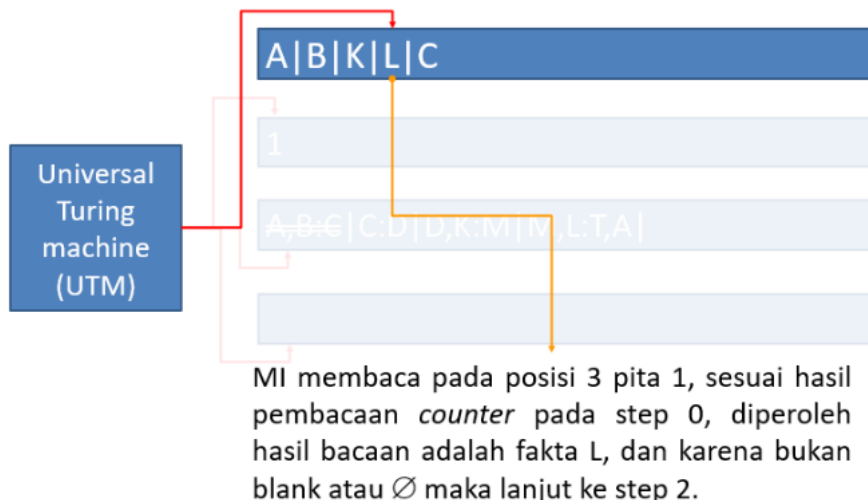
Gambar 9.47 mengilustrasikan step 0 di mana MI membaca sel pertama pita 2.



**Gambar 9.47. MI Mengeksekusi Step 0 Putaran Keempat**

- Ulangi step 1:

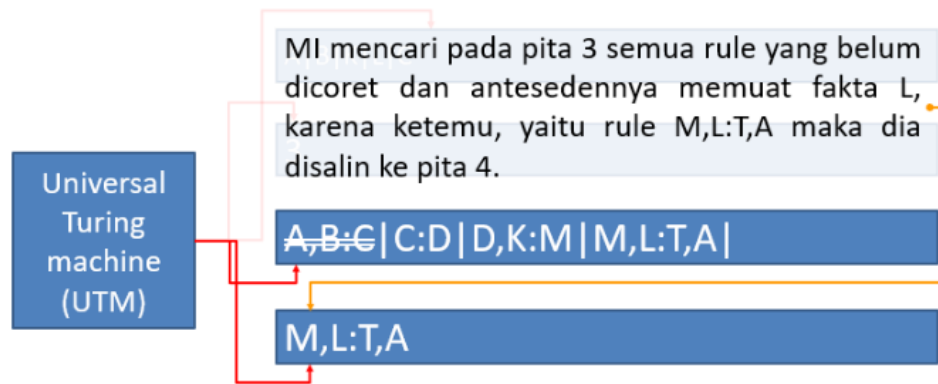
Gambar 9.48 mengilustrasikan step 1 di mana MI menempatkan *head* pita 1 pada posisi yang dibaca pada step 0, lalu membaca isi selnya, misal terbaca  $X_i$ . Jika  $\emptyset$  yaitu blank maka MI HALT, hasil inferensi adalah pita 1. Jika tidak blank maka lanjut ke step 2.



**Gambar 9.48. MI Mengeksekusi Step 1 Putaran Keempat**

- Ulangi step 2:

Gambar 9.49 mengilustrasikan step 2 di mana MI lalu membaca pita 3 dan dia mencari seluruh rule yang belum dicoret dan bagian antesedennya memuat  $L$ , jika tidak ketemu maka MI melompat ke step 8, jika ketemu maka semua rule yang mengandung  $L$  disalin ke pita 4.



**Gambar 9.49. MI Mengeksekusi Step 2 Putaran Keempat**

- Ulangi step 3:

Gambar 9.50 mengilustrasikan step 3 di mana MI lalu mengembalikan *head* pita 1 ke sel pertama pita 1, membaca isinya (fakta sebagai isi sel).

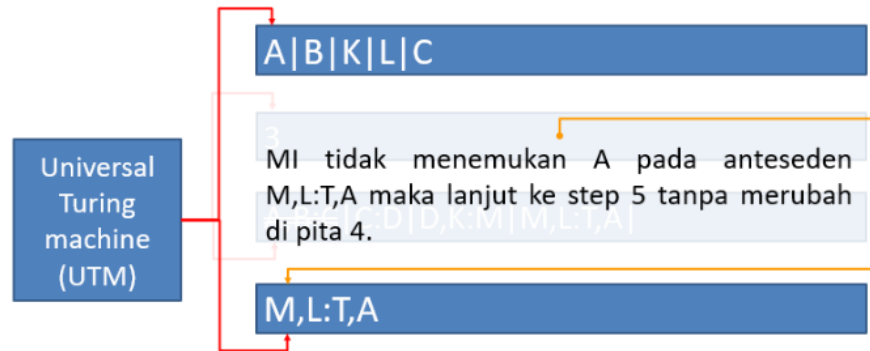


**Gambar 9.50. MI Mengeksekusi Step 3 Putaran Keempat**

- Ulangi step 4:

Gambar 9.51 mengilustrasikan step 4 di mana MI lalu mencari fakta yang terbaca di pita 1 yang tertulis pada bagian anteseden seluruh rule pada pita 4, jika ketemu maka fakta pada rule ditandai dengan merubahnya menjadi blank atau  $\emptyset$ .

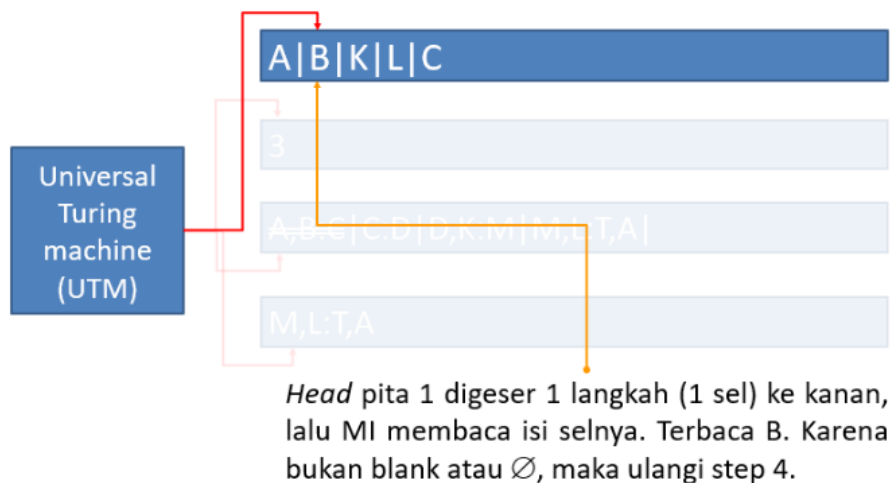




**Gambar 9.51. MI Mengeksekusi Step 4 Putaran Keempat**

- Ulangi step 5:

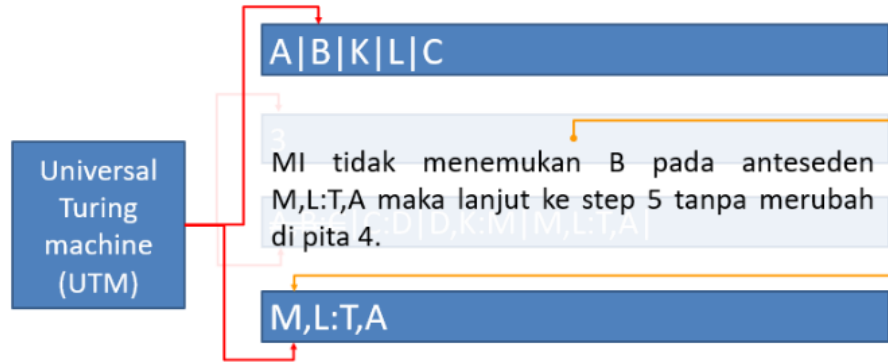
Gambar 9.52 mengilustrasikan step 5 di mana MI lalu menggerakkan *head* pita 1 ke sel berikut sebanyak 1 langkah (1 sel) ke kanan, lalu membaca isinya. Jika yang terbaca adalah blank atau  $\emptyset$  maka lanjut ke step 6. Jika bukan blank atau  $\emptyset$  maka ulangi step 4.



**Gambar 9.52. MI Mengeksekusi Step 5 Putaran Keempat**

- Ulangi step 4:

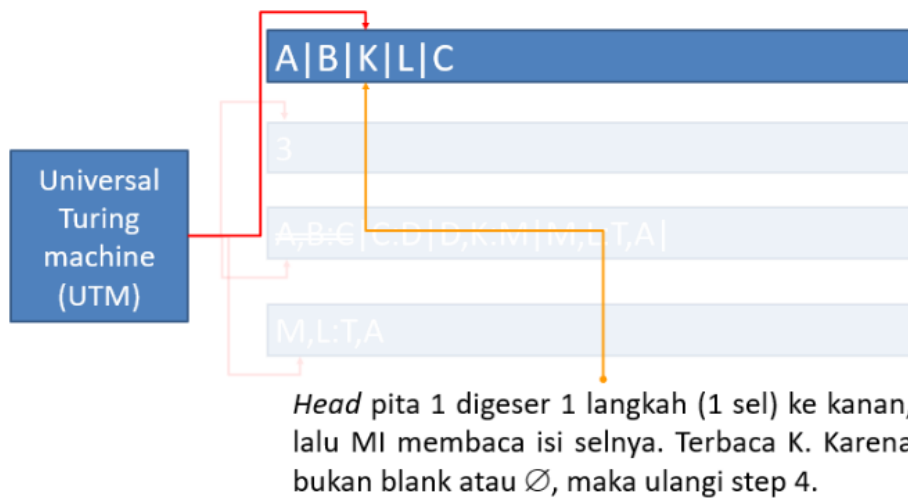
Gambar 9.53 mengilustrasikan step 4 di mana MI lalu mencari fakta yang terbaca di pita 1 yang tertulis pada bagian anteseden seluruh rule pada pita 4, jika ketemu maka fakta pada rule ditandai dengan merubahnya menjadi blank atau  $\emptyset$ .



**Gambar 9.53. MI Mengeksekusi Step Ulangan Step 4 Putaran Keempat**

- Ulangi step 5:

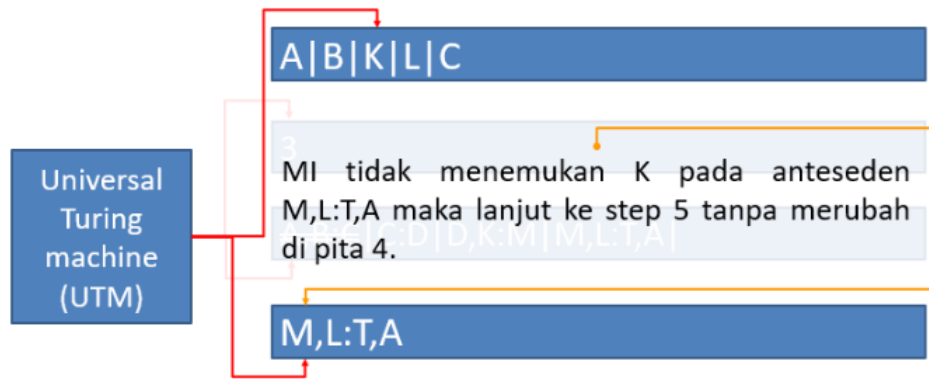
Gambar 9.54 mengilustrasikan step 5 di mana MI lalu menggerakkan *head* pita 1 ke sel berikut sebanyak 1 langkah (1 sel) ke kanan, lalu membaca isinya. Jika yang terbaca adalah blank atau  $\emptyset$  maka lanjut ke step 6. Jika bukan blank atau  $\emptyset$  maka ulangi step 4.



**Gambar 9.54. MI Mengeksekusi Step Ulangan Step 5 Putaran Keempat**

- Ulangi step 4:

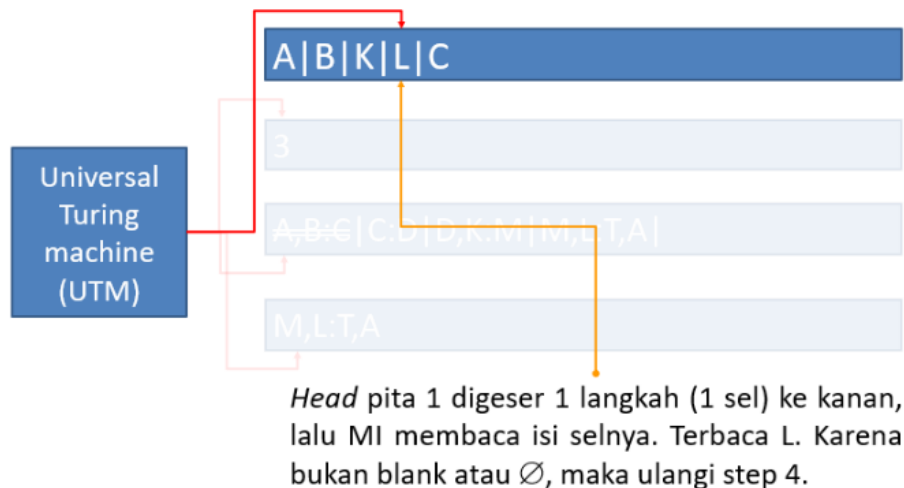
Gambar 9.55 mengilustrasikan step 4 di mana MI lalu mencari fakta yang terbaca di pita 1 yang tertulis pada bagian anteseden seluruh rule pada pita 4, jika ketemu maka fakta pada rule ditandai dengan merubahnya menjadi blank atau  $\emptyset$ .



**Gambar 9.55. MI Mengeksekusi Step Ulangan Step 4 Putaran Keempat**

- Ulangi step 5:

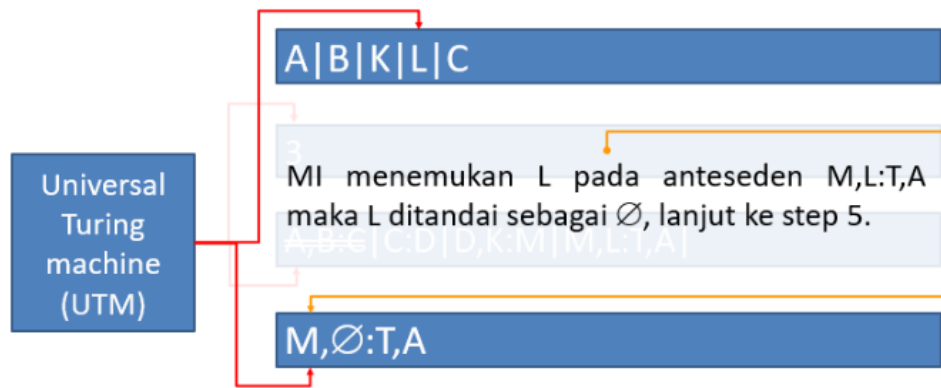
Gambar 9.56 mengilustrasikan step 5 di mana MI lalu menggerakkan *head* pita 1 ke sel berikut sebanyak 1 langkah (1 sel) ke kanan, lalu membaca isinya. Jika yang terbaca adalah blank atau  $\emptyset$  maka lanjut ke step 6. Jika bukan blank atau  $\emptyset$  maka ulangi step 4.



**Gambar 9.56. MI Mengeksekusi Step Ulangan Step 5 Putaran Keempat**

- Ulangi step 4:

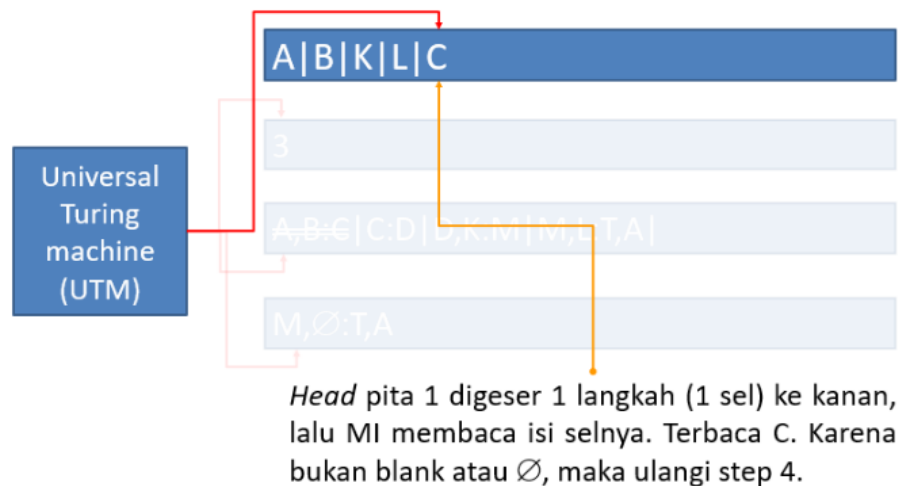
Gambar 9.57 mengilustrasikan step 4 di mana MI lalu mencari fakta yang terbaca di pita 1 yang tertulis pada bagian anteseden seluruh rule pada pita 4, jika ketemu maka fakta pada rule ditandai dengan merubahnya menjadi blank atau  $\emptyset$ .



**Gambar 9.57. MI Mengeksekusi Step Ulangan Step 4 Putaran Keempat**

- Ulangi step 5:

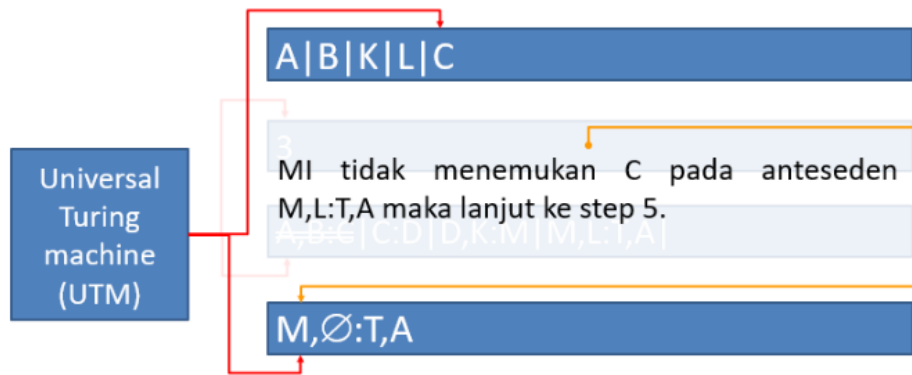
Gambar 9.58 mengilustrasikan step 5 di mana MI lalu menggerakkan *head* pita 1 ke sel berikut sebanyak 1 langkah (1 sel) ke kanan, lalu membaca isinya. Jika yang terbaca adalah blank atau Ø maka lanjut ke step 6. Jika bukan blank atau Ø maka ulangi step 4.



**Gambar 9.58. MI Mengeksekusi Step Ulangan Step 5 Putaran Keempat**

- Ulangi step 4:

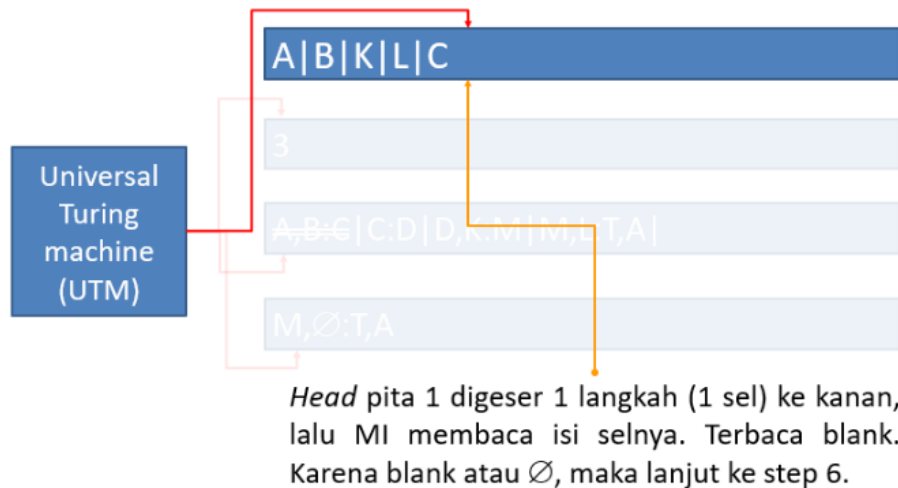
Gambar 9.59 mengilustrasikan step 4 di mana MI lalu mencari fakta yang terbaca di pita 1 yang tertulis pada bagian anteseden seluruh rule pada pita 4, jika ketemu maka fakta pada rule ditandai dengan merubahnya menjadi blank atau Ø.



**Gambar 9.59. MI Mengeksekusi Step Ulangan Step 4 Putaran Keempat**

- Ulangi step 5:

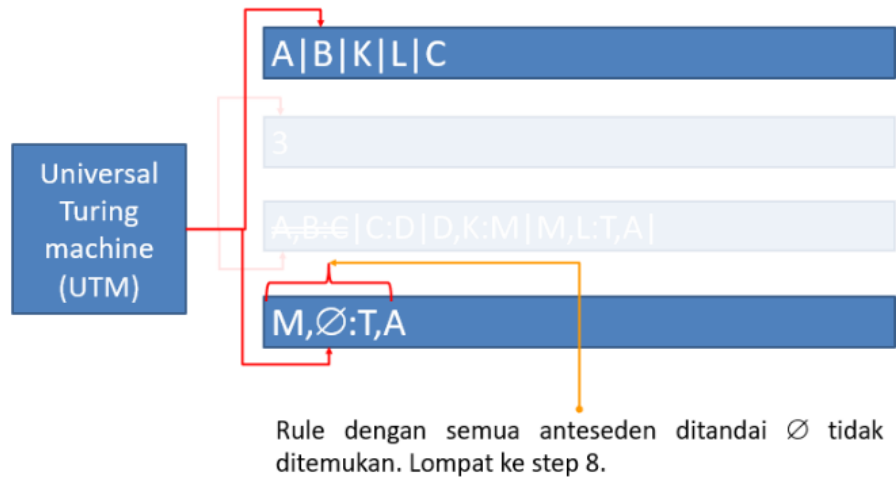
Gambar 9.60 mengilustrasikan step 5 di mana MI lalu menggerakkan *head* pita 1 ke sel berikut sebanyak 1 langkah (1 sel) ke kanan, lalu membaca isinya. Jika yang terbaca adalah blank atau  $\emptyset$  maka lanjut ke step 6. Jika bukan blank atau  $\emptyset$  maka ulangi step 4.



**Gambar 9.60. MI Mengeksekusi Step Ulangan Step 5 Putaran Keempat**

- Step 6:

Gambar 9.61 mengilustrasikan step 6 di mana MI mencari pada pita 4 semua rule yang bagian antesedennya bertanda blank atau  $\emptyset$ . Jika tidak ketemu maka lompat ke step 8. Jika ketemu maka tulis setiap fakta baru (fakta yang belum ada pada pita 1) yang dihasilkannya (bagian konsekuen rule) pada pita 1 menambah fakta pada pita 1. Fakta-fakta baru ditulis segera setelah sel terakhir pita 1 yang berisi fakta sebelumnya. Lanjut ke step 7.



**Gambar 9.61. MI Mengeksekusi Step 6 Putaran Keempat**

- Step 8:

Gambar 9.62 mengilustrasikan step 8 di mana MI menaikkan nilai *counter* sebanyak 1 satuan pada sel pertama pita 2.



**Gambar 9.62. MI Mengeksekusi Step 8 Putaran Keempat**

- Step 9:

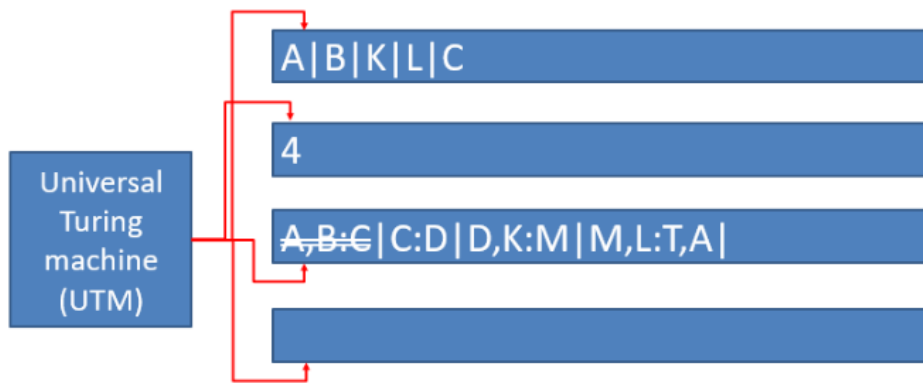
Gambar 9.63 mengilustrasikan step 9 di mana MI membersihkan seluruh pita 4, dan mengembalikan posisi *head* ke sel pertama pita 4.



**Gambar 9.63. MI Mengeksekusi Step 9 Putaran Keempat**

- Step 10:

Gambar 9.64 mengilustrasikan step 10 di mana MI kembali ke step 0.



**Gambar 9.64. MI Mengeksekusi Step 10 Putaran Keempat**

- Ulangi step 0:

Gambar 9.65 mengilustrasikan step 0 di mana MI membaca sel pertama pita 2.

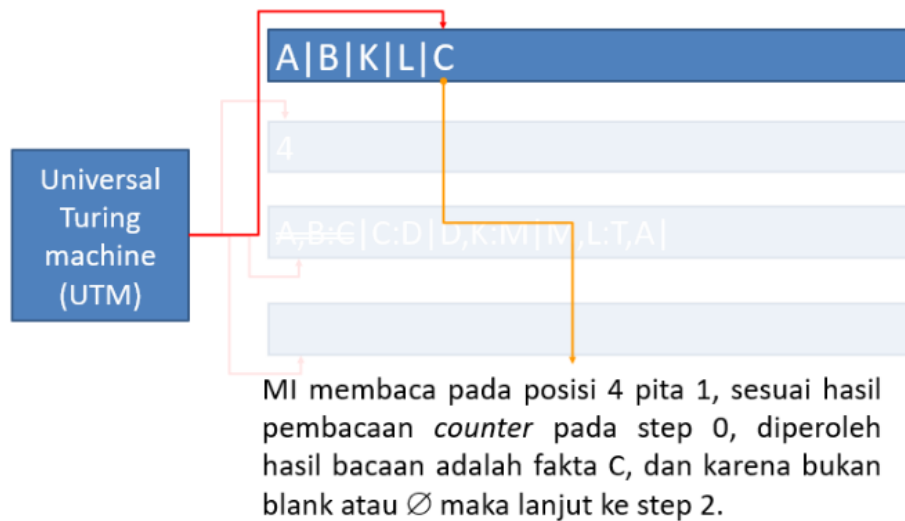




**Gambar 9.65. MI Mengeksekusi Step 0 Putaran Kelima**

- Ulangi step 1:

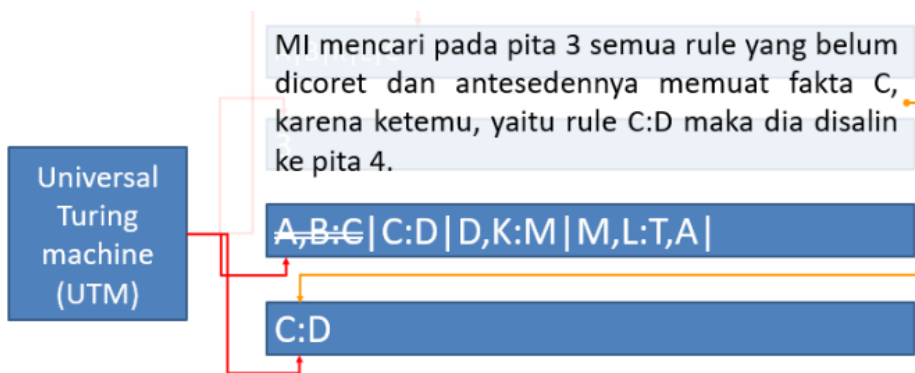
Gambar 9.66 mengilustrasikan step 1 di mana MI menempatkan *head* pita 1 pada posisi yang dibaca pada step 0, lalu membaca isi selnya, misal terbaca  $X_i$ . Jika  $\emptyset$  yaitu blank maka MI HALT, hasil inferensi adalah pita 1. Jika tidak blank maka lanjut ke step 2.



**Gambar 9.66. MI Mengeksekusi Step 1 Putaran Kelima**

- Ulangi step 2:

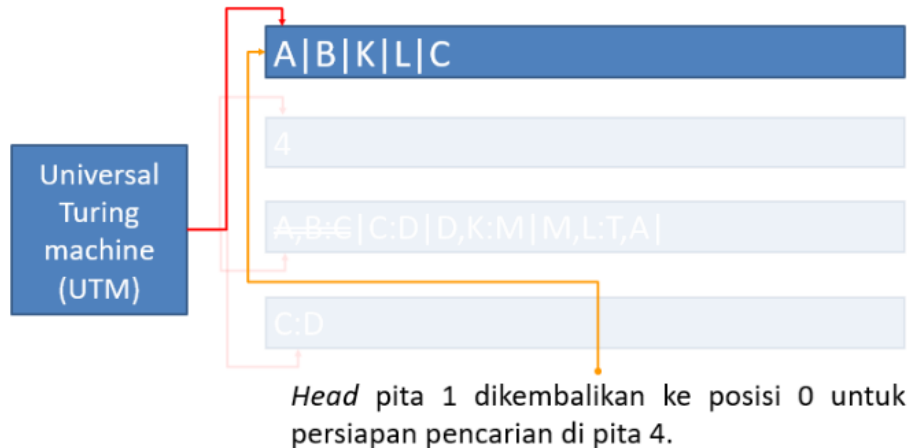
Gambar 9.67 mengilustrasikan step 2 di mana MI lalu membaca pita 3 dan dia mencari seluruh rule yang belum dicoret dan bagian antesedennya memuat C, jika tidak ketemu maka MI melompat ke step 8, jika ketemu maka semua rule yang mengandung C disalin ke pita 4.



**Gambar 9.67. MI Mengeksekusi Step 2 Putaran Kelima**

- Ulangi step 3:

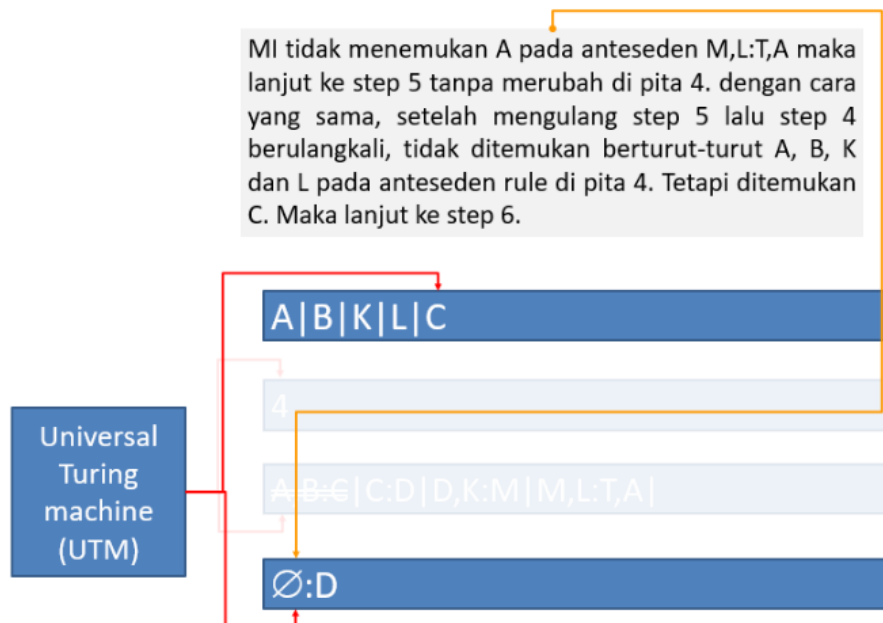
Gambar 9.68 mengilustrasikan step 3 di mana MI lalu mengembalikan *head* pita 1 ke sel pertama pita 1, membaca isinya (fakta sebagai isi sel).



**Gambar 9.68. MI Mengeksekusi Step 3 Putaran Kelima**

- Ulangi step 4:

Gambar 9.69 mengilustrasikan step 4 di mana MI lalu mencari fakta yang terbaca di pita 1 yang tertulis pada bagian anteseden seluruh rule pada pita 4, jika ketemu maka fakta pada rule ditandai dengan merubahnya menjadi blank atau  $\emptyset$ .

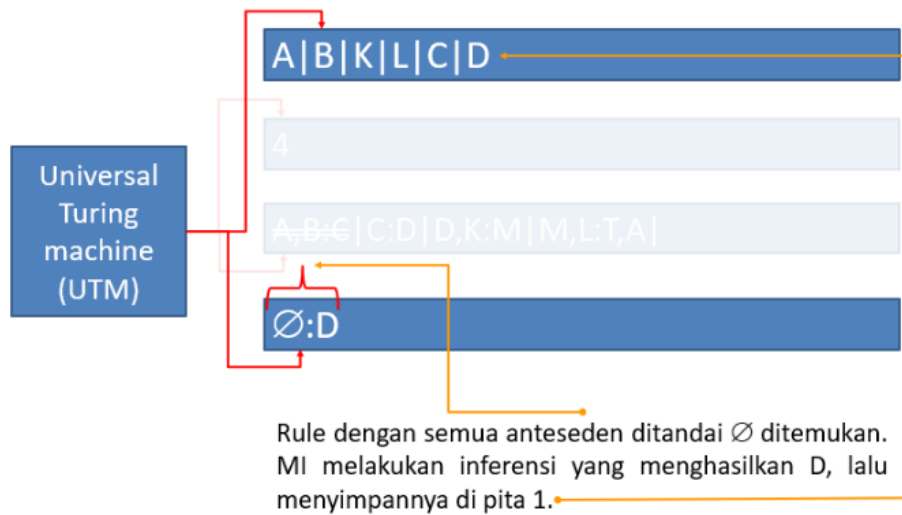


**Gambar 9.69. MI Mengeksekusi Step 4 Putaran Kelima**

- Step 6:

Gambar 9.70 mengilustrasikan step 1 di mana MI mencari pada pita 4 semua rule yang bagian antesedennya bertanda blank atau  $\emptyset$ . Jika tidak ketemu maka lompat ke step 8. Jika ketemu maka tulis setiap fakta baru (fakta yang belum ada pada pita 1) yang dihasilkannya (bagian

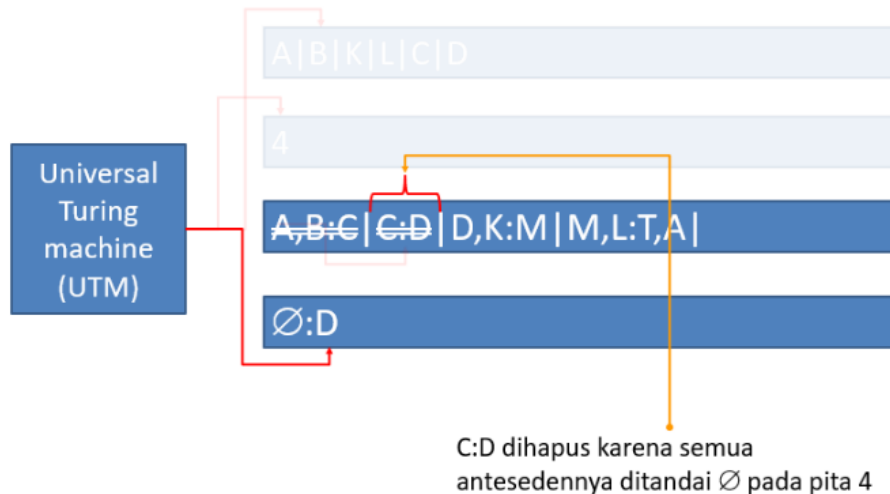
konsekuen rule) pada pita 1 menambah fakta pada pita 1. Fakta-fakta baru ditulis segera setelah sel terakhir pita 1 yang berisi fakta sebelumnya. Lanjut ke step 7.



**Gambar 9.70. MI Mengeksekusi Step 6 Putaran Kelima**

- Step 7:

Gambar 9.71 mengilustrasikan step 7 di mana MI menghapus seluruh rule yang antesedennya ditandai  $\emptyset$  pada pita 3, dan mengembalikan posisi *head* pita 3 ke sel pertama pita 3.



**Gambar 9.71. MI Mengeksekusi Step 7 Putaran Kelima**

- Step 8:

Gambar 9.72 mengilustrasikan step 8 di mana MI menaikkan nilai *counter* sebanyak 1 satuan pada sel pertama pita 2.



**Gambar 9.72. MI Mengeksekusi Step 8 Putaran Kelima**

- Step 9:

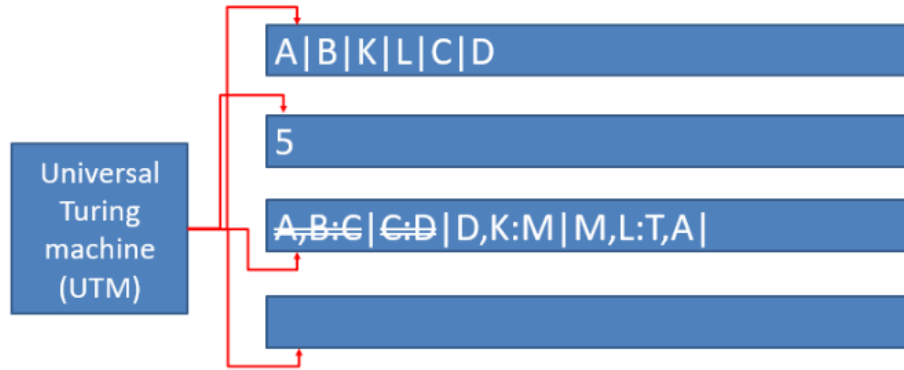
Gambar 9.73 mengilustrasikan step 9 di mana MI membersihkan seluruh pita 4, dan mengembalikan posisi *head* ke sel pertama pita 4.



**Gambar 9.73. MI Mengeksekusi Step 9 Putaran Kelima**

- Step 10:

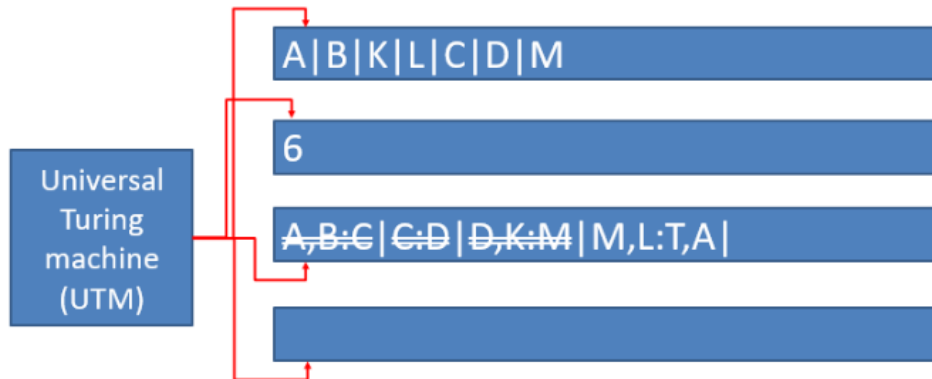
Gambar 9.74 mengilustrasikan step 10 di mana MI kembali ke step 0.



**Gambar 9.74. MI Mengeksekusi Step 10 Putaran Kelima**

- Step 0 sampai 10:

Gambar 9.75 mengilustrasikan step 0-10 di mana setelah dilakukan kerja yang sama seperti sebelumnya, diperoleh konfigurasi sebagai berikut:



**Gambar 9.75. Hasil Step 0 Sampai Step 10 Putaran Keenam**

- Step 0 sampai 10:

Gambar 9.76 mengilustrasikan step 0-10 di mana setelah dilakukan kerja yang sama seperti sebelumnya, diperoleh konfigurasi terakhir sebagai berikut:



**Gambar 9.76. Hasil Step 0 Sampai Step 10 Putaran Ketujuh**

- Step 0 sampai 10:

Gambar 9.77 mengilustrasikan step 0-10 di mana setelah dilakukan kerja yang sama seperti sebelumnya, diperoleh konfigurasi terakhir sebagai berikut:

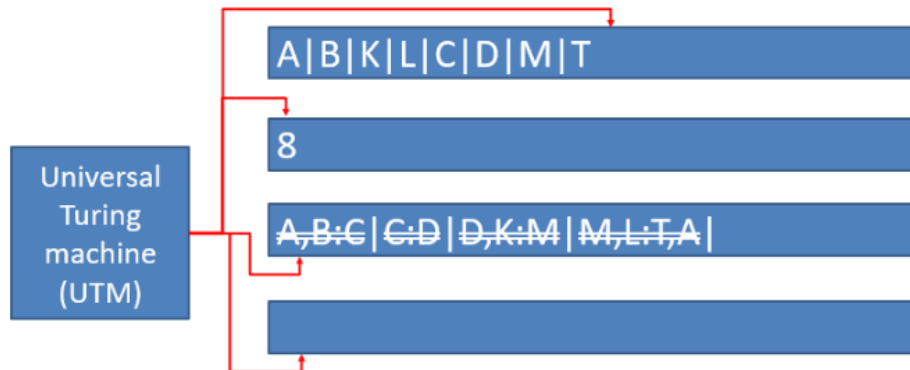


**Gambar 9.77. Hasil Step 0 Sampai Step 10 Putaran Kedelapan**

Tidak ada penambahan pada pita 1, karena tidak ada lagi rule yang bebas dari coretan pada pita 3 sehingga langsung lompat ke step 8 yang menaikkan nilai *counter* dari 7 menjadi 8, kemudian sampai step 10 untuk mengulang lagi step 0 sampai 10 berikut.

- Step 0 sampai 1:

Gambar 9.78 mengilustrasikan step 0-1 di mana setelah dilakukan kerja yang sama seperti sebelumnya, diperoleh konfigurasi terakhir sebagai berikut:



**Gambar 9.78. Hasil Step 0 Sampai Step 1 Putaran Kesembilan**

Pada step 1, MI menjadi HALT, karena tidak ada lagi fakta yang bisa dibaca pada posisi 8 pita 1. ini berarti:

**Hasil Inferensi** = A,B,K,L,C,D,M dan T seperti dinyatakan oleh pita 1.

Demikian demonstrasi mesin inferensi MI terhadap sejumlah rule yang diberikan. Hasil inferensi ini persis sama dengan hasil inferensi menggunakan pensil atau deduksi langsung oleh manusia.