

PERTEMUAN 2 :

TATA BAHASA FORMAL PADA TEORI OTOMATA

A. TUJUAN PEMBELAJARAN

Pada bab ini akan dijelaskan definisi tentang teori bahasa dan otomata yang akan selanjutnya beberapa notasi yang berkaitan dengan perkuliahan. Setelah menyelesaikan perkuliahan, mahasiswa diharapkan mampu :

- Menjabarkan Tata bahasa formal dalam Teori Otomata, produksi dari untaian terminal serta derivasi sesuai produksi yang ada
- Sifat elementer terminal

B. URAIAN MATERI

1. TATA BAHASA FORMAL PADA TEORI OTOMATA, PRODUKSI SERTA DERIVASI SUATU UNTAI TERMINAL

Aplikasi utama dari sebuah penerapan teori otomata adalah verifikasi secara otomatis atau pengecekan kesalahan dari properti suatu perangkat keras atau pun perangkat lunak. Diberikan oleh sebuah sistem¹ dan properti²nya, seperti apakah pola penerapan otomata dan kaitannya dengan tata bahasa formal? Berikut ini akan lanjutkan teori tata bahasa formal dalam penjabaran pohon sintaks pada kalimat³.

Misalkan menggunakan sebuah kalimat sehari-hari dalam bahasa Indonesia :

Si anak kecil memakai kacamata besar

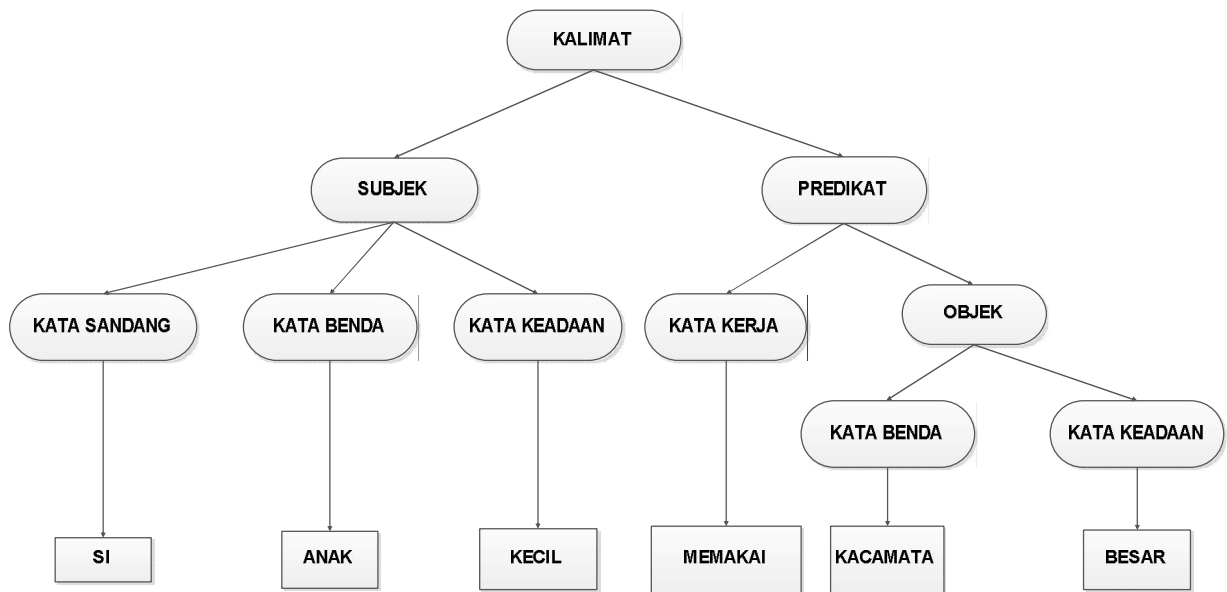
Kalimat tersebut telah benar susunannya sesuai dengan tata bahasa Indonesia. Berdasarkan kalimat di atas dapat diperoleh sebuah pohon sintaks dari kalimat dengan cara membagi kalimat tersebut menjadi kata per kata berdasarkan jenis dan fungsi kata.

Berikut ini hasil pohon sintaks

¹ Seperti sirkuit hardware, sebuah program atau protokol komunikasi

² Seperti "setelah kondisi terminasi dari suatu kondisi // dalam program atau "pesan untuk menampilkan report sebuah pesan terkirim dengan sukses"

³ Penguraian kalimat membentuk struktur pohon

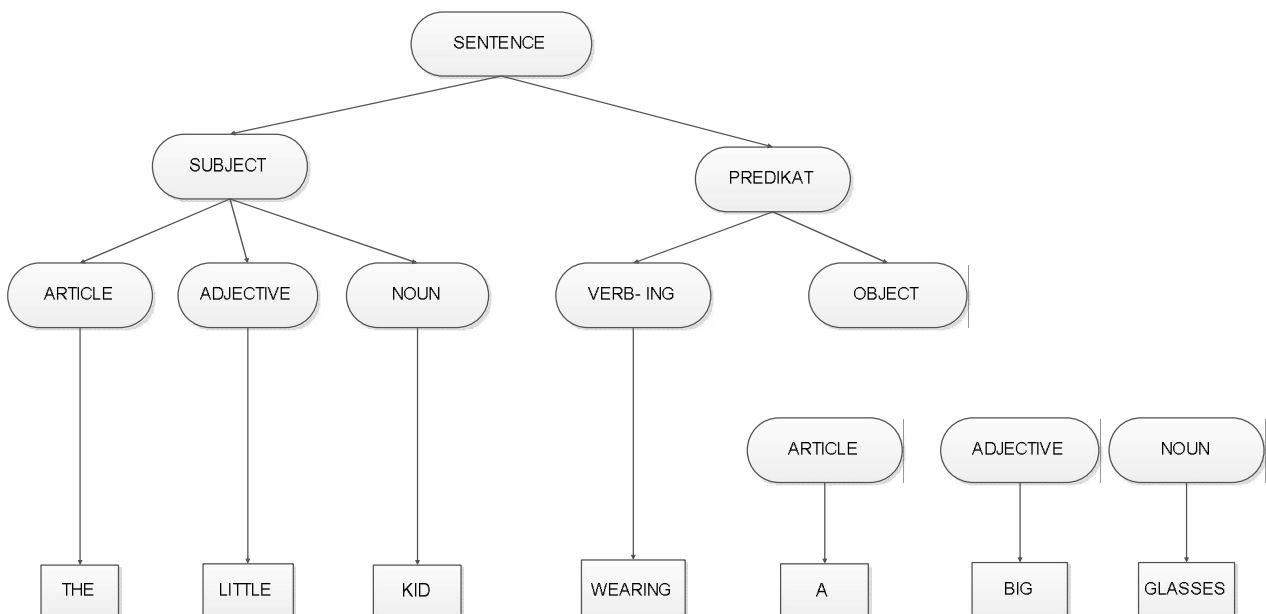


Gambar 1.1
Pohon Sintaks Kalimat Bahasa Indonesia

Dalam bahasa Inggris, kalimat di atas akan menjadi seperti :

The Little kids wearing a big glasses

Bagaimana bentuk pohon sintaks kalimat yang akan terbentuk berdasarkan pola bahasa Inggris, tentu akan agak berbeda dengan pola bahasa Indonesia. Berikut ini hasil pohon sintaks kalimat bahasa Inggris.



Gambar 1.2 Pohon Sintaks Kalimat Bahasa Inggris

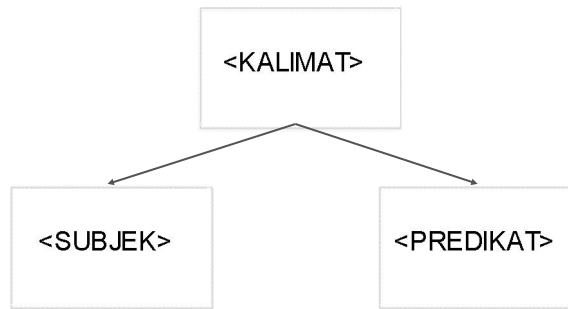
Hasil pohon sintaks kalimat bahasa Inggris tersebut terlihat agak berbeda dengan pohon sintaks kalimat bahasa Indonesia, akan salah jika dibuat seperti pola pada pohon sintaks bahasa Indonesia seperti : “The kid little wearing a glasses big”

Pada pembahasan pola kalimat suatu bahasa akan lebih menekankan sintaks suatu kalimat suatu bahasa, bukan semantik (arti kalimat). Beberapa tokoh terkemuka yang sudah mengembangkan studi teori bahasa ini di antaranya NOAM CHOMSKY, JOHN BACKUS, PETER NAUR dan lain – lain. Pengembangan studi mengenai teori bahasa ini diimplementasikan selanjutnya dalam teori kompilasi, terutama kebutuhan dalam kompilasi bahasa pemrograman.

Selanjutnya, kenali istilah terminal dan non terminal untuk mempermudah persamaan persepsi dalam proses produksi dan derivasi nantinya. Dalam pembahasan ini yang termasuk suatu terminal adalah bagian yang tidak dapat diuraikan lagi, kata dalam suatu untai kalimat merupakan bagian yang tidak dapat diuraikan lagi. Terminal ataupun token merupakan perwakilan suatu kata dari untai kalimat, maka SI, ANAK, KECIL, MEMAKAI, KACAMATA, dan BESAR sebagai terminal.

Sedangkan suatu non terminal merupakan bagian yang harus dapat diuraikan lagi, atau dikenal sebagai kelas sintaks atau variabel. Dengan menggunakan tanda < > untuk membedakannya dengan pengertian terminal, maka non terminal berdasarkan contoh hasil variabel dari untai kalimat adalah <KALIMAT>, <SUBJEK>, <PREDIKAT>, <OBJEK>, <KATA SANDANG>, <KATA BENDA>, <KATA KEADAAN>, dan <KATA KERJA>. Jika dilihat dari pohon sintaks kalimat pada gambar 1.2, simbol suatu terminal digambarkan dengan persegi panjang atau simpul daun dan untuk suatu non terminal atau variabel digambarkan dengan bentuk elips sebagai simpul bukan daun.

Berdasarkan pohon sintaks kalimat, Produksi merupakan sekumpulan sub bagian pohon atau sub pohon. Berikut contoh hasil sub pohon sintaks kalimat :



Gambar 1.3 Sub Pohon

Hasil dari sub pohon tersebut dapat ditulis :

$\langle \text{KALIMAT} \rangle \longrightarrow \langle \text{SUBJEK} \rangle \langle \text{PREDIKAT} \rangle$

Atau

$\langle \text{KALIMAT} \rangle ::= \langle \text{SUBJEK} \rangle \langle \text{PREDIKAT} \rangle$

Arti pernyataan tersebut adalah non terminal $\langle \text{KALIMAT} \rangle$ dapat diuraikan menjadi untai berurutan $\langle \text{SUBJEK} \rangle$ dan $\langle \text{PREDIKAT} \rangle$. Maka, hasil dari seluruh sub pohon dapat dijadikan suatu himpunan produksi sebagai berikut :

- | | | | |
|---|---------------------------------------|-------------------|---|
| 1 | $\langle \text{KALIMAT} \rangle$ | \longrightarrow | $\langle \text{SUBJEK} \rangle \langle \text{PREDIKAT} \rangle$ |
| | | | $\langle \text{KATA SANDANG} \rangle \langle \text{KATA BENDA} \rangle$ |
| 2 | $\langle \text{SUBJEK} \rangle$ | \longrightarrow | $\langle \text{KATA KEADAAN} \rangle$ |
| 3 | $\langle \text{PREDIKAT} \rangle$ | \longrightarrow | $\langle \text{KATA KERJA} \rangle \langle \text{OBJEK} \rangle$ |
| 4 | $\langle \text{OBJEK} \rangle$ | \longrightarrow | $\langle \text{KATA BENDA} \rangle \langle \text{KATA KEADAAN} \rangle$ |
| 5 | $\langle \text{KATA SANDANG} \rangle$ | \longrightarrow | SI |
| 6 | $\langle \text{KATA BENDA} \rangle$ | \longrightarrow | ANAK KACAMATA |

7 <KATA KEADAAN> \longrightarrow KECIL | BESAR

8 <KATA KERJA> \longrightarrow MEMAKAI

Simbol | artinya adalah atau⁴

Himpunan produksi yang sudah terbentuk dapat digunakan untuk menghasilkan sebuah untai terminal melalui proses deretan produksi yang ada atau dikenal sebagai derivasi. Derivasi selalu mempunyai simbol awal (simbol start) yang diambil dari salah satu variabel yang ada di himpunan produksi, biasanya produksi pertama merupakan simbol start. Maka untuk produksi untai terminal di atas, <KALIMAT> merupakan simbol start. Berikut ini beberapa untai terminal yang dapat terbentuk dengan derivasi menggunakan himpunan produksi di atas :

SI ANAK KECIL MEMAKAI KACAMATA BESAR

SI ANAK BESAR MEMAKAI KACAMATA KECIL, ataupun

SI KACAMATA KECIL MEMAKAI ANAK BESAR, dan masih banyak lagi.

<KALIMAT> \implies <SUBJEK> <PREDIKAT> produksi 1

\implies <KATA SANDANG> <KATA BENDA> <KATA KEADAAN>
<PREDIKAT> produksi 2

\implies <KATA SANDANG> <KATA BENDA> <KATA KEADAAN>
<KATA KERJA> <OBJEK> produksi 3

\implies <KATA SANDANG> <KATA BENDA> <KATA KEADAAN>
<KATA KERJA> <KATA BENDA> <KATA KEADAAN>
produksi 4

⁴ simbol |(garis tegak lurus) adalah atau artinya dapat dipilih satu antara pilihan yang disertai garis tersebut

SI ANAK KECIL MEMAKAI KACAMATA BESAR produksi
==> 5,6,7,8

Berikut ini derivasi untuk untai terminal pertama di atas :

(simbol ini (==>) artinya di derivasi atau diuraikan menggunakan himpunan produksi yang ada)

Langkah – langkah derivasi di atas adalah sebagai berikut

- (1) Pada derivasi pertama, menggunakan produksi pertama sebagai simbol start dari derivasi, kemudian
- (2) Derivasi kedua adalah dengan menggunakan produksi kedua maka non terminal <SUBJEK> diuraikan menjadi <KATA SANDANG> <KATA BENDA> <KATA KEADAAN>
- (3) Selanjutnya derivasi ketiga menguraikan non terminal <PREDIKAT> menjadi <KATA KERJA> <OBJEK> menggunakan produksi 3
- (4) Pada derivasi keempat dengan menggunakan produksi 4, maka non terminal <OBJEK> diuraikan menjadi <KATA BENDA> <KATA KEADAAN>
- (5) Selanjutnya derivasi kelima menguraikan semua non terminal menjadi suatu terminal dengan produksi 5, produksi 6⁵, produksi 7⁶, dan produksi 8, sehingga menjadi suatu untai terminal “Si Anak Kecil Memakai Kacamata Besar”⁷

⁵ Produksi 6, dapat dipilih penguraian produksi non terminal <KATA BENDA> apakah akan menggunakan terminal ANAK atau KACAMATA

⁶ Produksi 7, dapat dipilih penguraian produksi non terminal <KATA KEADAAN> apakah akan menggunakan terminal KECIL atau BESAR

⁷ Untai terminal disesuaikan dengan bentuk untai contoh pertama.

Berikut ini derivasi untuk untai terminal kedua di atas :

<KALIMAT> ==> <SUBJEK> <PREDIKAT>

==> <KATA SANDANG> <KATA BENDA> <KATA
KEADAAN> <PREDIKAT>

==> <KATA SANDANG> <KATA BENDA> <KATA
KEADAAN> <KATA KERJA> <OBJEK>

==> <KATA SANDANG> <KATA BENDA> <KATA
KEADAAN> <KATA KERJA> <KATA BENDA>
<KATA KEADAAN>

==> SI ANAK BESAR MEMAKAI KACAMATA KECIL

(simbol ini (==>) artinya di derivasi atau diuraikan menggunakan

himpunan produksi yang ada)

Langkah – langkah derivasi di atas adalah sebagai berikut

- (1) Pada derivasi pertama, menggunakan produksi pertama sebagai simbol start dari derivasi, kemudian
- (2) Derivasi kedua adalah dengan menggunakan produksi kedua maka non terminal <SUBJEK> diuraikan menjadi <KATA SANDANG> <KATA BENDA> <KATA KEADAAN>
- (3) Selanjutnya derivasi ketiga menguraikan non terminal <PREDIKAT> menjadi <KATA KERJA> <OBJEK> menggunakan produksi 3
- (4) Pada derivasi keempat dengan menggunakan produksi 4, maka non terminal <OBJEK> diuraikan menjadi <KATA BENDA> <KATA KEADAAN>
- (5) Selanjutnya derivasi kelima menguraikan semua non terminal menjadi suatu terminal dengan produksi 5, produksi 6, produksi 7, dan produksi 8, sehingga menjadi suatu untai terminal “Si Anak Besar Memakai Kacamata Kecil”⁸

⁸ Untai terminal disesuaikan dengan bentuk untai contoh pertama.

Berikut ini derivasi untuk untai terminal ketiga di atas :

<KALIMAT> ==> <SUBJEK> <PREDIKAT>

==> <KATA SANDANG> <KATA BENDA> <KATA
KEADAAN> <PREDIKAT>

==> <KATA SANDANG> <KATA BENDA> <KATA
KEADAAN> <KATA KERJA> <OBJEK>

==> <KATA SANDANG> <KATA BENDA> <KATA
KEADAAN> <KATA KERJA> <KATA BENDA> <KATA
KEADAAN>

==> SI KACAMATA KECIL MEMAKAI ANAK BESAR

(simbol ini (==>) artinya di derivasi atau diuraikan menggunakan

himpunan produksi yang ada)

Langkah – langkah derivasi di atas adalah sebagai berikut

- (1) Pada derivasi pertama, menggunakan produksi pertama sebagai simbol start dari derivasi, kemudian
- (2) Derivasi kedua adalah dengan menggunakan produksi kedua maka non terminal <SUBJEK> diuraikan menjadi <KATA SANDANG> <KATA BENDA> <KATA KEADAAN>
- (3) Selanjutnya derivasi ketiga menguraikan non terminal <PREDIKAT> menjadi <KATA KERJA> <OBJEK> menggunakan produksi 3
- (4) Pada derivasi keempat dengan menggunakan produksi 4, maka non terminal <OBJEK> diuraikan menjadi <KATA BENDA> <KATA KEADAAN>
- (5) Selanjutnya derivasi kelima menguraikan semua non terminal menjadi suatu terminal dengan produksi 5, produksi 6, produksi 7, dan produksi 8, sehingga menjadi suatu untai terminal “Si Kacamata Kecil Memakai Anak Besar”⁹

⁹ Untai terminal disesuaikan dengan bentuk untai contoh pertama.

Pada derivasi ketiga, untai yang terbentuk secara arti kata memiliki bentuk yang salah namun berdasarkan produksi nya sudah benar. Artinya secara sintaks dapat diterima oleh produksi dan tidak benar secara semantik. Konsep ini selanjutnya akan dibahas lebih detail pada teori kompilasi.

Contoh kedua selanjutnya adalah membangun operand yang absah dalam suatu bahasa pemrograman. Berikut ini didefinisikan 8(delapan) produksi dengan simbol start yakni <OPERAND> ;

- 1 <OPERAND> \rightarrow <ID> | <INTEGER>
- 2 <ID> \rightarrow <LETTER> <LIST>
- 3 <LETTER> \rightarrow x | y | z
- 4 <LIST> \rightarrow <LETTER> <LIST> | <DIGIT> <LIST> | ^
- 5 <DIGIT> \rightarrow 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9
- 6 <INTEGER> \rightarrow <SIGN> <DIGIT> <DIT>
- 7 <SIGN> \rightarrow + | -
- (8 <DIT> \rightarrow <DIGIT> <DIT> | ^

Catatan : notasi ini (^) adalah terminal atau token hampa)

Berdasarkan produksi <OPERAND> maka contoh derivasi sebagai berikut :

- $$\begin{aligned}
 \langle \text{OPERAND} \rangle & \Rightarrow \langle \text{ID} \rangle \text{ produksi 1} \\
 & \Rightarrow \langle \text{LETTER} \rangle \langle \text{LIST} \rangle \text{ produksi 2} \\
 & \Rightarrow x \langle \text{LIST} \rangle \text{ produksi 3} \\
 & \Rightarrow x \langle \text{DIGIT} \rangle \langle \text{LIST} \rangle \text{ produksi 4} \\
 & \Rightarrow x5 \langle \text{LIST} \rangle \text{ produksi 5}
 \end{aligned}$$

\Rightarrow $x5 \langle \text{DIGIT} \rangle \langle \text{LIST} \rangle$ produksi 4

\Rightarrow $x50 \langle \text{LIST} \rangle$ produksi 5

\Rightarrow $x50^{\wedge}$ atau $x50$ produksi 4

Hasil dari derivasi di atas adalah bentuk IDENTIFIER yang diterima / absah.

Langkah – langkah dari proses derivasi tersebut adalah sebagai berikut :

1. Derivasi pertama menggunakan produksi 1¹⁰ sebagai start (awal) proses derivasi
2. Kemudian proses derivasi kedua menguraikan $\langle \text{ID} \rangle$ menggunakan produksi 2
3. Proses derivasi ketiga dengan menggunakan produksi 3 untuk menguraikan non terminal $\langle \text{LETTER} \rangle$ ke terminal 'x'.
4. Selanjutnya proses derivasi keempat menguraikan $\langle \text{LIST} \rangle$ menjadi $\langle \text{DIGIT} \rangle \langle \text{LIST} \rangle$ menggunakan produksi 4
5. Derivasi kelima menguraikan non terminal $\langle \text{DIGIT} \rangle$ ke terminal '5' dengan produksi 5
6. Proses derivasi keenam menggunakan produksi 4 untuk menguraikan $\langle \text{LIST} \rangle$ menjadi $\langle \text{DIGIT} \rangle \langle \text{LIST} \rangle$
7. Derivasi ketujuh menguraikan non terminal $\langle \text{DIGIT} \rangle$ ke terminal '0' dengan produksi 5
8. Dan derivasi kedelapan menguraikan non terminal $\langle \text{LIST} \rangle$ ke terminal token '^' dengan produksi 4,
9. Untai terminal yang terbentuk adalah 'x50'.

¹⁰ Produksi 1, dapat memilih salah satu. Dalam proses derivasi ini dipilih ID untuk menghasilkan suatu bentuk IDENTIFIER

Berikut ini akan dibentuk sebuah untai terminal berupa operator INTEGER,
Proses derivasi nya adalah sebagai berikut :

$\langle \text{OPERAND} \rangle \Rightarrow \langle \text{INTEGER} \rangle$ produksi 1
 $\Rightarrow \langle \text{SIGN} \rangle \langle \text{DIGIT} \rangle \langle \text{DIT} \rangle$ produksi 6
 $\Rightarrow + \langle \text{DIGIT} \rangle \langle \text{DIT} \rangle$ produksi 7
 $\Rightarrow +7 \langle \text{DIT} \rangle$ produksi 5
 $\Rightarrow +7 \langle \text{DIGIT} \rangle \langle \text{DIT} \rangle$ produksi 8
 $\Rightarrow +79 \langle \text{DIT} \rangle$ produksi 5
 $\Rightarrow +79 \langle \text{DIGIT} \rangle \langle \text{DIT} \rangle$ produksi 8
 $\Rightarrow +790 \langle \text{DIT} \rangle$ produksi 5
 $\Rightarrow +790 \wedge$ atau 790 produksi 8

Berikut ini langkah – langkah yang dilakukan :

1. Derivasi pertama menggunakan produksi 1¹¹ sebagai awal derivasi.
2. Proses derivasi kedua menguraikan $\langle \text{INTEGER} \rangle$ menjadi $\langle \text{SIGN} \rangle \langle \text{DIGIT} \rangle \langle \text{DIT} \rangle$ sesuai produksi 6
3. Selanjutnya derivasi ketiga menguraikan $\langle \text{SIGN} \rangle$ menjadi terminal ‘+’ melalui produksi 7
4. Derivasi keempat melalui produksi 5 menguraikan $\langle \text{DIGIT} \rangle$ menjadi terminal ‘7’
5. Proses derivasi kelima menguraikan $\langle \text{DIT} \rangle$ menjadi $\langle \text{DIGIT} \rangle \langle \text{DIT} \rangle$ melalui produksi 8
6. Derivasi keenam melalui produksi 5 menguraikan $\langle \text{DIGIT} \rangle$ menjadi terminal ‘9’

¹¹ Produksi 1, dapat memilih salah satu. Dalam proses derivasi ini dipilih INTEGER untuk menghasilkan suatu bentuk INTEGER

7. Proses derivasi ketujuh menguraikan $\langle \text{DIT} \rangle$ menjadi $\langle \text{DIGIT} \rangle \langle \text{DIT} \rangle$ melalui produksi 8
8. Derivasi kedelapan melalui produksi 5 menguraikan $\langle \text{DIGIT} \rangle$ menjadi terminal '0'
9. Proses derivasi kelima menguraikan $\langle \text{DIT} \rangle$ menjadi terminal token '^' melalui produksi 8
10. Hasil derivasi menjadi '790'

Pembahasan secara umum variabel atau non terminal tidak menggunakan notasi $\langle \rangle$. Variabel biasanya dinyatakan dengan notasi huruf besar (uppercase) A, B, C, D, S dan sebagainya. Untuk terminal dinyatakan dengan notasi huruf kecil a, b, c, d, e dan sebagainya atau dengan digit 0, 1, 2, 3, 4, 5 dan sebagainya. Misalkan penulisan suatu produksi sebagai berikut :

- 1) $S \rightarrow AB$
- 2) $A \rightarrow CDE$
- 3) $B \rightarrow FG$
- 4) $G \rightarrow DE$
- 5) $C \rightarrow AB$
- 6) $D \rightarrow b \mid c$
- 7) $E \rightarrow d \mid e$
- 8) $F \rightarrow f$

Pemisalan Produksi di atas sebagai pengganti untuk contoh pertama (dimana S menggantikan $\langle \text{KALIMAT} \rangle$, A menggantikan $\langle \text{SUBJEK} \rangle$ dan seterusnya).

Untuk menghindari terjadi kesalahan persepsi pengertian antara kalimat dan kata, maka perlu dipahami bahwa sebuah kalimat adalah untai terminal dengan

masing – masing terminal merupakan sebuah kata. Sedangkan bila terminal merupakan sebuah huruf maka untai terminal merupakan sebuah kata.

2. Sifat Elementer Untai Terminal

Sebuah untai terminal baik itu berupa kalimat ataupun kata, memiliki sifat – sifat elementer¹². Dapat dilihat beberapa jenis sifat elementer yang ada melekat pada untai terminal hasil operasi terhadap untai, sama halnya seperti operasi aritmetika terhadap bilangan cacah.

Operasi penjumlahan pada bilangan cacah berikut secara umum diwakili oleh fungsi dengan dua variabel:

$$f(z,y) = z + y; \text{ dengan } z \text{ dan } y \text{ adalah bilangan cacah.}$$

Pada fungsi di atas terdapat beberapa sifat. Pertama adalah hasil penjumlahan dua bilangan cacah akan berupa bilangan cacah pula. Yang dikenal dengan sifat tertutup (closure). Pada sebuah sistem aljabar sifat tertutup ini sangat diperlukan untuk running well bahkan menjadi ciri sistem tersebut, misalnya himpunan dan operasi terhadap himpunan tersebut seperti operasi Gabungan, Irisan, Selisih, dan sebagainya.

Sifat kedua adalah sifat asosiatif pada suatu penjumlahan, misal $(x+y)+w = x + (y+w) = x + y + w$, dengan x, y, w merupakan bilangan cacah.

Sifat ketiga identitas pada penjumlahan atau dikenal sebagai elemen satuan, bila terdapat sebuah bilangan i , sehingga setiap bilangan cacah x berlaku $x + i = x$, maka bilangan i ini adalah 0. Sifat lainnya juga masih banyak apabila dikaitkan dengan operasi perkalian bilangan cacah, namun akan dibahas lebih mendalam pada bab selanjutnya.

¹² Sifat mendasar suatu elemen

C. SOAL LATIHAN 1 DAN TUGAS

- 1 $\langle \text{OPERAND} \rangle \rightarrow \langle \text{ID} \rangle \mid \langle \text{INTEGER} \rangle$
- 2 $\langle \text{ID} \rangle \rightarrow \langle \text{LETTER} \rangle \langle \text{LIST} \rangle$
- 3 $\langle \text{LETTER} \rangle \rightarrow x \mid y \mid z$
- 4 $\langle \text{LIST} \rangle \rightarrow \langle \text{LETTER} \rangle \langle \text{LIST} \rangle \mid \langle \text{DIGIT} \rangle \langle \text{LIST} \rangle \mid \wedge$
- 5 $\langle \text{DIGIT} \rangle \rightarrow 0 \mid 1 \mid 2 \mid 3 \mid 4 \mid 5 \mid 6 \mid 7 \mid 8 \mid 9$
- 6 $\langle \text{INTEGER} \rangle \rightarrow \langle \text{SIGN} \rangle \langle \text{DIGIT} \rangle \langle \text{DIT} \rangle$
- 7 $\langle \text{SIGN} \rangle \rightarrow + \mid -$
- 8 $\langle \text{DIT} \rangle \rightarrow \langle \text{DIGIT} \rangle \langle \text{DIT} \rangle \mid \wedge$

1. Berdasarkan contoh produksi OPERAND tersebut, coba Anda buat pohon produksinya.
2. Menggunakan produksi OPERAND tersebut, maka buatlah derivasi dari untai terminal berikut :
 - a. $3xy4x$
 - b. $z5y$
 - c. $-30xx$
 - d. $xx33$
 - e. $y1y2y3y4$
 - f. $-xy+3-2$

Sertakan pernyataan apakah ke enam untai terminal tersebut diterima / absah dengan produksi OPERAND, ciri nya untai terminal absah adalah mempunyai proses derivasi yang benar.

3. Mengacu pada contoh pohon sintaks bahasa inggris yang umum pada pembahasan deskripsi materi, maka lakukan derivasi dari kalimat berikut :
 - a. The cat climbs a tree
 - b. A rabbit ate the carrot
 - c. The cat ate the mouse

D. DAFTAR PUSTAKA

Hopcroft, John. E., etc. 2001. Second edition. Introduction to Automata Theory, Languages, and Computation. US America : Pearson

Goswami, D and Krishna, K.V. November 5 2010. Formal Languages and Automata Theory.

Utdirartamo, Firrar. 2005. Edisi kedua. Teori Bahasa dan Otomata. Yogyakarta : Penerbit Graha Ilmu