



**PROGRAM STUDI**  
**TEKNIK INFORMATIKA**  
**FAKULTAS ILMU KOMPUTER**  
**UNIVERSITAS DIAN NUSWANTORO**

MATA KULIAH  
*Otomata dan Teori Bahasa*

# Pertemuan ke\_12

## Chomsky Normal Form (CNF) / Bentuk Normal Chomsky (BNC)

*Tim pengampu*

2022

## outline

- 1 • Definisi Chomsky Normal Form (CNF)
- 2 • Bentuk Chomsky Normal Form (CNF)
- 3 • Perbedaan CNF, CFG dan ER
- 4 • Pembentukan Chomsky Normal Form (CNF)
- 5 • Algoritma CYK

## 1. DEFINISI CNF

- Bentuk normal Chomsky / Chomsky Normal Form (CNF) merupakan salah satu bentuk normal yang sangat berguna untuk tata bahasa bebas konteks (CFG). Bentuk normal Chomsky dapat dibuat dari sebuah tata bahasa bebas konteks yang telah mengalami penyederhanaan yaitu penghilangan produksi useless, unit, dan  $\epsilon$ .
- Dengan kata lain, suatu tata bahasa bebas konteks dapat dibuat menjadi bentuk normal Chomsky dengan syarat tata bahasa bebas konteks tersebut:
  - **Tidak memiliki produksi *useless***
  - **Tidak memiliki produksi unit**
  - **Tidak memiliki produksi  $\epsilon$**

## **Kenapa perlu mengubah CFG (context free grammer) ke CNF (Chomsky normal form)?**

Seperti di bidang matematika lainnya, bentuk normal membuat banyak konsep lebih mudah untuk ditangani karena Anda dapat mengasumsikan struktur sederhana untuk mereka.

Secara khusus, banyak bukti mengharuskan CFG berada di Chomsky Normal Form dan beberapa algoritma (misalnya algoritma CYK) bergantung padanya.

## 2. Konsep Bentuk CNF

- Bentuk normal Chomsky (*Chomsky Normal Form, CNF*) adalah grammar bebas konteks (CFG) dengan setiap produksinya berbentuk :

•  $A \rightarrow BC$  atau  $A \rightarrow a$ .

- Aturan produksi dalam *bentuk normal Chomsky* ruas kanannya tepat berupa sebuah terminal atau dua variabel.

### 3. Perbedaan

	Ruas Kiri	Ruas Kanan	Contoh
Context Free Grammar (CFG)	<b>1 Simbol Non Teriminal</b>	Bebas	<ul style="list-style-type: none"><li>• <math>B \rightarrow CDeFg</math></li></ul>
Regular Grammar (RG)	<b>1 Simbol Non Teriminal</b>	Maks 1 symbol non terminal , diletakan di paling kanan	<ul style="list-style-type: none"><li>• <math>A \rightarrow eB</math></li><li>• <math>A \rightarrow efgH</math></li><li>• <math>H \rightarrow aaa</math></li></ul>
Chomsky Normal Form	<b>1 Simbol Non Teriminal</b>	Ruas Kanan Harus 2 symbol non terminal    1 symbol terminal	<ul style="list-style-type: none"><li>• <math>A \rightarrow BB</math></li><li>• <math>B \rightarrow c</math></li></ul>

## 4. PEMBENTUKAN CNF

Langkah-langkah pembentukan *bentuk normal Chomsky* secara umum sebagai berikut:

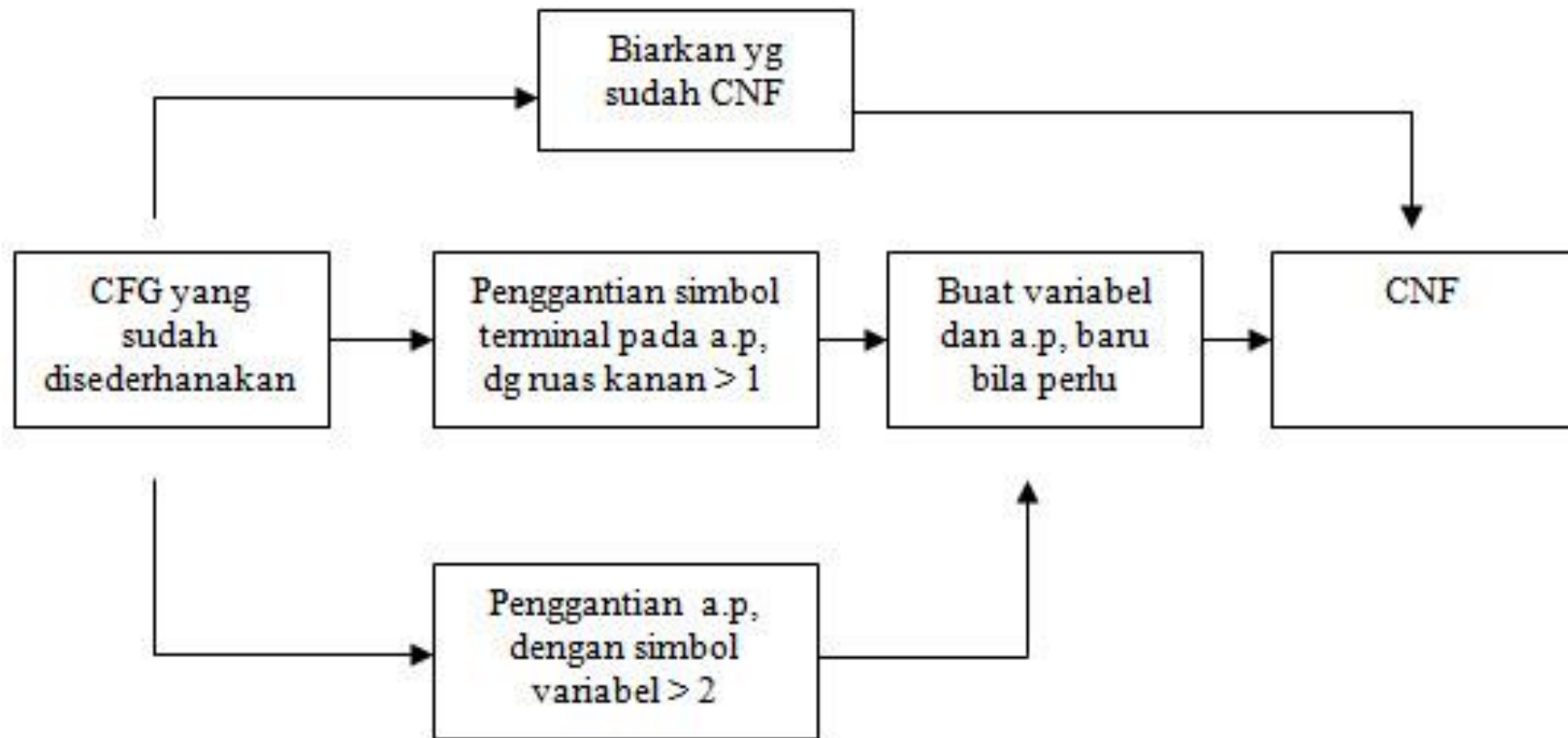
- Pastikan CFG sudah mengalami penyederhanaan produksi *useless*, unit, dan  $\epsilon$
- Biarkan aturan produksi yang sudah dalam *bentuk normal Chomsky*
- Lakukan penggantian aturan produksi yang ruas kanannya memuat simbol terminal dan panjang ruas kanan  $> 1$
- Lakukan penggantian aturan produksi yang ruas kanannya memuat  $> 2$  simbol variabel

## 4. PEMBENTUKAN CNF

- Penggantian-penggantian tersebut bisa dilakukan berkali-kali sampai akhirnya semua aturan produksi dalam *bentuk normal Chomsky*
- Selama dilakukan penggantian, kemungkinan kita akan memperoleh aturan-aturan produksi baru, dan juga memunculkan simbol-simbol variabel baru



**Bisa dilihat tahapan-tahapan tersebut  
pada gambar berikut:**



## Latihan 1

Diketahui tata bahasa bebas konteks (sudah tidak mengandung produksi useless, unit dan  $\epsilon$ ) sebagai berikut :

- $S \rightarrow aB \mid SS \mid c$
- $B \rightarrow BBB \mid cd \mid a$

Ubahlah ke dalam bentuk normal Chomsky

**Langkah membuat CNF dari tata bahasa bebas konteks contoh 1 :**

$$\begin{array}{lcl} \text{Soal :} & S \rightarrow & aB \mid SS \mid c \\ & B \rightarrow & BBB \mid cd \mid a \end{array}$$

**Biarkan aturan-aturan produksi yang sudah dalam bentuk CNF**

$$\begin{array}{lcl} S \rightarrow & SS \\ S \rightarrow & c \\ B \rightarrow & a \end{array}$$

Lakukan penggantian aturan-aturan produksi yang belum dalam bentuk CNF yang belum dalam bentuk CNF :

$$\text{Soal : } \begin{aligned} S &\rightarrow aB \mid SS \mid c \\ B &\rightarrow BBB \mid cd \mid a \end{aligned}$$

$$S \rightarrow aB \quad \Rightarrow \quad S \rightarrow Z_1 B$$

$$B \rightarrow BBB \quad \Rightarrow \quad B \rightarrow Z_2 B$$

$$B \rightarrow cd \Rightarrow \rightarrow Z_3 d \quad \Rightarrow \quad B \rightarrow Z_3 Z_4$$

**Simbol variable baru dan aturan produksi baru yang terbentuk :**

$$\begin{aligned} \bullet Z_1 &\rightarrow a & Z_3 &\rightarrow c \\ \bullet Z_2 &\rightarrow BB & Z_4 &\rightarrow d \end{aligned}$$

## Hasil akhir :

Soal :  $S \rightarrow aB \mid SS \mid c$   
 $B \rightarrow BBB \mid cd \mid a$

Simbol variable baru dan aturan produksi baru yang terbentuk :

$Z1 \rightarrow a$

$Z3 \rightarrow c$

$Z2 \rightarrow BB$

$Z4 \rightarrow d$

Hasil :

$S \rightarrow Z1B \mid SS \mid c$

$Z2 \rightarrow BB$

$B \rightarrow Z2 B \mid Z3 Z4 \mid a$

$Z3 \rightarrow c$

$Z1 \rightarrow a$

$Z4 \rightarrow d$

## Contoh 2

Diketahui tata bahasa bebas konteks (sudah tidak mengandung produksi useless, unit dan  $\epsilon$ ) sebagai berikut :

$$S \rightarrow bA \mid aB$$

$$A \rightarrow bAA \mid aS \mid a$$

$$B \rightarrow aBB \mid bS \mid b$$

Ubahlah ke dalam bentuk normal Chomsky

## Pembahasan

Soal :  $S \rightarrow bA \mid aB$   
 $A \rightarrow bAA \mid aS \mid a$   
 $B \rightarrow aBB \mid bS \mid b$

Aturan produksi yang sudah dalam *bentuk normal Chomsky*:

$A \rightarrow a$   
 $B \rightarrow b$

Dilakukan penggantian aturan produksi yang belum *bentuk normal Chomsky* ('=>' bisa dibaca berubah menjadi):

Soal :  $S \rightarrow bA \mid aB$   
 $A \rightarrow bAA \mid aS \mid a$   
 $B \rightarrow aBB \mid bS \mid b$

$S \rightarrow bA$	$\Rightarrow S \rightarrow P_1 A$	
$S \rightarrow aB$	$\Rightarrow S \rightarrow P_2 B$	
$A \rightarrow bAA$	$\Rightarrow A \rightarrow P_1^1 AA$	$\Rightarrow A \rightarrow P_1 P_3$
$A \rightarrow aS$	$\Rightarrow A \rightarrow P_2^1 S$	
$B \rightarrow aBB$	$\Rightarrow B \rightarrow P_2^2 BB$	$\Rightarrow B \rightarrow P_2 P_4$
$B \rightarrow bS$	$\Rightarrow B \rightarrow P_1^2 S$	



**Terbentuk aturan produksi dan simbol variabel baru:**

$S \rightarrow bA$   
 $S \rightarrow aB$   
 $A \rightarrow bAA$   
 $A \rightarrow aS$   
 $B \rightarrow aBB$   
 $B \rightarrow bS$

$\Rightarrow S \rightarrow P_1 A$   
 $\Rightarrow S \rightarrow P_2 B$   
 $\Rightarrow A \rightarrow P_1 AA$   
 $\Rightarrow A \rightarrow P_2 S$   
 $\Rightarrow B \rightarrow P_2 BB$   
 $\Rightarrow B \rightarrow P_1 S$

$\Rightarrow A \rightarrow P_1 P_3$   
 $\Rightarrow B \rightarrow P_2 P_4$

**Variabel Baru :**

$P_1 \rightarrow b$   
 $P_2 \rightarrow a$   
 $P_3 \rightarrow AA$   
 $P_4 \rightarrow BB$

Hasil akhir aturan produksi dalam *bentuk normal Chomsky* :

Soal :

$$S \rightarrow bA \mid aB$$

$$A \rightarrow bAA \mid aS \mid a$$

$$B \rightarrow aBB \mid bS \mid b$$

Perubahan dalam bentuk CNF

$$A \rightarrow P_1P_3$$

$$A \rightarrow P_2S$$

$$A \rightarrow a$$

$$B \rightarrow P_2P_4$$

$$B \rightarrow P_1S$$

$$B \rightarrow b$$

$$S \rightarrow P_1A$$

$$S \rightarrow P_2B$$

$$P_3 \rightarrow AA$$

$$P_1 \rightarrow b$$

$$P_2 \rightarrow a$$

$$P_4 \rightarrow BB$$

Hasil Akhir :

$$S \rightarrow P_1A \mid P_2B$$

$$A \rightarrow P_1P_3 \mid P_2S \mid a$$

$$B \rightarrow P_2P_4 \mid P_1S \mid b$$

# Algoritma CYK

Oleh J.Cocke, DH.Younger Dan T.Kasami

- Syarat untuk menggunakan algoritma ini adalah tata bahasa harus berada dalam **bentuk Normal Chomsky atau Chomsky Normal Form**.
- Tujuan algoritma ini adalah untuk menunjukkan apakah suatu string dapat diperoleh dari suatu **tata Bahasa Bebas Konteks atau Context Free Grammar (CFG)**.

```
1.  Start
2.  for x=1 to n do:
3.      Vx1 := (A | A => a aturan produksi dimana simbol
        ke-x adalah a)
4.  for j=2 to n do begin
5.      for i=1 to (n-j+1) do begin
6.          Vij = ε (inisialisasi)
7.          for k=1 to (j-1) do
8.              Vij = Vij union ( A | A => BC, adalah suatu
        produksi dimana B di Vik dan C di Vi+k,j-k
9.          end for i
10.     end for j
11. finish
```

**Algoritma CYK**  
**Oleh J.Cocke, DH.Younger Dan T.Kasami**

# Algoritma CYK

## Oleh J.Cocke, DH.Younger Dan T.Kasami

- Keterangan:
  1. Dimana  $n$  adalah Panjang string,  $i$  adalah kolom ke ... dan  $j$  adalah baris ke ...
  2. Tahapan no 1 dan 2 untuk mengisi table baris pertama kolom ke 1 s/d  $n$
  3. Tahapan no 3, iterasi dari baris ke 2 sampai ke  $n$
  4. Tahapan no. 4, untuk mengisi kolom 1 sampai  $(n - \text{baris} + 1)$  pada baris tertentu
  5. Tahapan no 5 inisialisasi  $V_{ij}$  dengan himpunan kosong
  6. Tahapan no 6 dan 7 iterasi untuk memeriksa mana saja yang menjadi anggota  $V_{ij}$

**Algoritma CYK**

Oleh J.Cocke, DH.Younger Dan T.Kasami

- Contoh CNF

$$S \rightarrow AB \mid BC$$

$$A \rightarrow BA \mid a$$

$$B \rightarrow CC \mid b$$

$$C \rightarrow AB \mid a$$

Periksalah apakah untai 'baaba' termasuk kedalam Bahasa tersebut.

Algoritma CYK  
Oleh J.Cocke, DH.Younger  
Dan T.Kasami

	b	a	a	b	a
	1	2	3	4	5
1					
2					
3					
4					
5					

- $N = 5$ , maka inisialisasi baris pertama adalah:
  - $V_{11}$  kita menerima input 'b'. TBBK yang bisa menurunkan 'b' adalah  $B \Rightarrow b$  sehingga kita isi  $V_{11} = \{B\}$
  - $V_{21}$  kita menerima input 'a'. TBBK yang bisa menurunkan 'a' adalah  $A \Rightarrow a$  dan  $C \Rightarrow a$  sehingga kita isi  $V_{21} = \{A, C\}$
  - $V_{31}$  kita menerima input 'a'. TBBK yang bisa menurunkan 'a' adalah  $A \Rightarrow a$  dan  $C \Rightarrow a$  sehingga kita isi  $V_{31} = \{A, C\}$
  - $V_{41}$  kita menerima input 'b'. TBBK yang bisa menurunkan 'b' adalah  $B \Rightarrow b$  sehingga kita isi  $V_{41} = \{B\}$
  - $V_{51}$  kita menerima input 'a'. TBBK yang bisa menurunkan 'a' adalah  $A \Rightarrow a$  dan  $C \Rightarrow a$  sehingga kita isi  $V_{51} = \{A, C\}$

Tabel awal untuk  $V_{ij}$   
( $i$  = Kolom dan  $j$  = baris)

$S \rightarrow AB \mid BC$   
 $A \rightarrow BA \mid a$   
 $B \rightarrow CC \mid b$   
 $C \rightarrow AB \mid a$

	b	a	a	B	a
	1	2	3	4	5
1	B	A,C	A,C	B	A,C
2					
3					
4					
5					

Algoritma CYK  
Oleh J.Cocke, DH.Younger  
Dan T.Kasami

Tabel awal untuk  $V_{ij}$   
(i = Kolom dan j = baris)

- Baris 2 sampai n adalah:
- Pada baris 2 (j=2) (i=1 s/d (5-2+1)) (k=1 s/d (2-1)):
  - $V_{12}$ , periksa  $V_{ik}-V_{i+k,j-k}$ , berarti  $V_{11}-V_{21}$ , yaitu B dan A,C. Yang menurunkan BA atau BC adalah S dan A maka kita isi  $V_{12} = \{S,A\}$
  - $V_{22}$ , periksa  $V_{ik}-V_{i+k,j-k}$ , berarti  $V_{21}-V_{31}$ , yaitu AC dan AC. Yang menurunkan AA, AC, CA, atau CC adalah B maka kita isi  $V_{22} = \{B\}$
  - $V_{32}$ , periksa  $V_{ik}-V_{i+k,j-k}$ , berarti  $V_{31}-V_{41}$ , yaitu AC dan B. Yang menurunkan AB dan CB adalah S dan C maka kita isi  $V_{32} = \{S,C\}$
  - $V_{42}$ , periksa  $V_{ik}-V_{i+k,j-k}$ , berarti  $V_{41}-V_{51}$ , yaitu BA dan C. Yang menurunkan BA dan BC adalah S dan A maka kita isi  $V_{42} = \{S,A\}$

$S \rightarrow AB|BC$

$A \rightarrow BA|a$

$B \rightarrow CC|b$

$C \rightarrow AB|a$



	b	a	a	b	a
	1	2	3	4	5
1	B	A,C	A,C	B	A,C
2	S,A	B	S,C	S,A	
3					
4					
5					

**Algoritma CYK**

Oleh J.Cocke, DH.Younger  
Dan T.Kasami

Tabel awal untuk  $V_{ij}$   
( $i$  = Kolom dan  $j$  = baris)

- Baris ke-3 ( $j=3$ ) ( $i=1$  s/d  $(5-3+1)$ ) ( $k=1$  s/d  $(3-1)$ )
- $V_{13}$ , periksa  $V_{ik}-V_{i+k,j-k}$ , berarti  $V_{11}-V_{22}$  &  $V_{12}-V_{31}$  yaitu B-B dan SA-AC. Yang menurunkan BB, SA, SC, AA atau AC adalah tidak ada ( $\epsilon$ ) maka kita isi  $V_{13} = \{\epsilon\}$
- $V_{23}$ , periksa  $V_{ik}-V_{i+k,j-k}$ , berarti  $V_{21}-V_{32}$  &  $V_{22}-V_{41}$  yaitu AC-SC dan B-B. Yang menurunkan AS, AC, CS, CC atau BB adalah B maka kita isi  $V_{23} = \{B\}$
- $V_{33}$ , periksa  $V_{ik}-V_{i+k,j-k}$ , berarti  $V_{31}-V_{42}$  &  $V_{32}-V_{51}$  yaitu AC-SA dan SC-AC. Yang menurunkan AS, AA, CS, CA, SA, SC, CA atau CC adalah B maka kita isi  $V_{33} = \{B\}$

$$S \rightarrow AB|BC$$

$$A \rightarrow BA|a$$

$$B \rightarrow CC|b$$

$$C \rightarrow AB|a$$

	b	a	a	b	a
	1	2	3	4	5
1	B	A,C	A,C	B	A,C
2	S,A	B	S,C	S,A	
3	$\epsilon$	B	B		
4					
5					

**Algoritma CYK**

Oleh J.Cocke, DH.Younger  
Dan T.Kasami

Tabel awal untuk  $V_{ij}$   
(i = Kolom dan j = baris)

- Baris 4 (j=4) (i=1 s/d (5-4+1)) (k=1 s/d 3)
- $V_{14}$ , periksa  $V_{ik}-V_{i+k,j-k}$ , berarti  $V_{11}-V_{23}$  &  $V_{12}-V_{32}$  &  $V_{13}-V_{41}$  yaitu B-B & SA-SC &  $\epsilon$ -B. Yang menurunkan BB, SS, SC, AS, atau AC adalah tidak ada maka kita isi  $V_{14} = \{\epsilon\}$
- $V_{24}$ , periksa  $V_{ik}-V_{i+k,j-k}$ , berarti  $V_{21}-V_{33}$  &  $V_{22}-V_{42}$  &  $V_{23}-V_{51}$  yaitu AC-B & BS-A & BA-C. Yang menurunkan AC, AB, BS, BA, atau BC adalah S,C,A maka kita isi  $V_{24} = \{S,C,A\}$

$$S \rightarrow AB|BC$$

$$A \rightarrow BA|a$$

$$B \rightarrow CC|b$$

$$C \rightarrow AB|a$$

	b	a	a	b	a
	1	2	3	4	5
1	B	A,C	A,C	B	A,C
2	S,A	B	S,C	S,A	
3	$\epsilon$	B	B		
4	$\epsilon$	S,C,A			
5	A,S,C				

- Syarat suatu string diterima oleh TBBK adalah **V1n** memuat simbol awal (S).  
Terlihat bahwa pada V15 memuat simbol S, maka string "baaba" diterima
- Bagaimana: "aaab"?

Algoritma CYK  
Oleh J.Cocke, DH.Younger  
Dan T.Kasami

Tabel awal untuk Vij  
(i = Kolom dan j = baris)

$S \rightarrow AB \mid BC$

$A \rightarrow BA \mid a$

$B \rightarrow CC \mid b$

$C \rightarrow AB \mid a$

- 1. Transormasikan CFG berikut ini kedalam bentuk CNF

$$S \rightarrow aAB | ch | CD$$
$$A \rightarrow dbE | eEC$$
$$B \rightarrow ff | DD$$
$$C \rightarrow ADB | aS$$
$$D \rightarrow I$$
$$E \rightarrow jD$$

## Referensi

- Firrar Utdirartatmo, Teori Bahasa dan Otomoata, JJ Learning Yogyakarta, 2001
- <http://lecturer.ukdw.ac.id/anton/download/KOMPILER-Modul7.pdf>