B A B 8

FORMAT BILANGAN DALAM MIKROPROSESOR

Mikroprosesor sebagai bagian dari sistem digital bekerja dalam format biner. Di dalam sistem mikroprosesor operasi yang terjadi diantara register dan memori apakah berupa transfer data atau operasi aritmetika dan logika di dalam ALU semuanya dalam format biner. Pemahaman format biner dengan seluruh pengkodeaan terutama dalam kode heksadesimal dan juga binary code decimal (BCD) sangat diperlukan dan penting untuk mendukung pemahaman kerja sistem mikroprosesor.
Kata kunci: *biner, heksadesimal, BCD, signed bit, unsigned bit*

1. Sistem Bilangan

Secara umum dalam sistem mikroprosesor sistem bilangan yang digunakan ada empat jenis yaitu:

- ❖ **Sistem Bilangan Desimal**
- ❖ **Sistem Bilangan Biner**
- ❖ **Sistem Bilangan Heksadesimal, dan**
- ❖ **Sistem Bilangan Oktal**

Ke empat sistem bilangan ini satu sama lain dibedakan oleh sebuah nilai posisinya yang disebut dengan **BASIS**. Sistem bilangan desimal menggunakan basis 10, biner menggunakan basis 2, Heksa-desimal menggunakan basis 16, dan Oktal menggunakan basis 8.

1.1. Bilangan Desimal

Bilangan desimal adalah bilangan berbasis sepuluh. Dalam desimal dikenal sepuluh simbol bilangan yaitu ; 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9. Nilai sebuah angka ditentukan oleh posisi angka tersebut. Dalam sistem desimal dikenal nilai posisi sebagai berikut:

- 10^0 = 1 = satuan
- 10^1 = 10 = puluhan
- 10^2 = 100 = ratusan
- 10^3 = 1000 = ribuan
- 10^4 = 10000 = puluhan ribu
- 10^5 = 100000 = ratusan ribu
- dan seterusnya berdasarkan nilai basis dan pangkat

contoh 1:

$$\mathbf{1011_{10} = 1x10^3 + 0x10^2 + 1x\,10^1 + 1x10^0}$$
$$\mathbf{= 1000 + 0 + 10 + 1 = 1011}$$
(dibaca seribu sebelas)

1.2. Bilangan Biner

Bilangan biner adalah bilangan berbasis dua. Dalam biner dikenal dua simbol bilangan yaitu: 0 dan 1. Nilai sebuah angka ditentukan oleh posisi angka tersebut. Dalam sistem biner dikenal nilai posisi sebagai berikut:

- 2^0 = 1 = satuan
- 2^1 = 2 = duaan
- 2^2 = 4 = empatan
- 2^3 = 8 = delapanan
- 2^4 = 16 = enam-belasan
- 2^5 = 32 = tiga-puluh-duaan
- 2^6 = 64 = enam-puluh-empatan
- 2^7 =128 = seratus-dua-puluh-delapanan
- dan seterusnya berdasarkan nilai basis dan pangkat

Contoh 2 :

$$\begin{aligned} \mathbf{1011_2} &= \mathbf{1x\ 2^3 + 0x2^2 + 1x2^1 + 1x2^0} \\ &= \mathbf{8 + 0 + 2 + 1} \\ &= \mathbf{11_{10}} \end{aligned}$$

jadi nilai bilangan 1011_2 = 11_{10} atau nilai desimalnya adalah sebelas.

1.3. Bilangan Heksa Desimal

Bilangan heksa-desimal adalah bilangan berbasis enambelas. Dalam heksa-desimal dikenal enambelas simbol bilangan yaitu ; 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, A, B, C, D, E, F. Dimana A = 10; B = 11; C = 12; D = 13; E = 14; dan F = 15. Nilai sebuah angka ditentukan oleh posisi angka tersebut. Dalam sistem Heksa-desimal dikenal nilai posisi :

- 16^0 = 1 = satuan
- 16^1 = 16 = enam-belasan
- 16^2 = 256 = dua-ratus-lima-puluh-enaman
- 16^3 = 4096 = empat-ribu-sembilan-puluh-enaman
- dan seterusnya berdasarkan nilai basis dan pangkat

Contoh 3 :

$$\begin{aligned} \mathbf{1011_{16}} &= \mathbf{1x\ 16^3 + 0x16^2 + 1x16^1 + 1x16^0} \\ &= \mathbf{4096 + 0 + 16 + 1} \\ &= \mathbf{4113_{10}} \end{aligned}$$

Jadi nilai bilangan 1011_{16} = 4113 $_{10}$

1.4. Bilangan Oktal

Bilangan oktal adalah bilangan berbasis delapan. Dalam oktal dikenal delapan simbol bilangan yaitu ; 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7. Nilai sebuah angka ditentukan oleh posisi angka tersebut. Dalam sistem Oktal dikenal nilai posisi :

- 8^0 = 1 = satuan
- 8^1 = 8 = delapanan
- 8^2 = 64 = enam-puluh-empatan
- 8^3 = 512 = lima-ratus-dua-belasan
- dan seterusnya berdasarkan nilai basis dan pangkat.

Contoh 4 :

$\mathbf{1011_8 = 1x8^3 + 0x8^2 + 1x8^1 + 1x8^0}$

$\mathbf{= 512 + 0 + 8 + 1}$

$\mathbf{= 521_{10}}$

Jadi nilai bilangan 1011_8 = 521 $_{10}$

Dari empat sistem bilangan diatas terlihat sebagaimana contoh 1011 akan bernilai berbeda sesuai basis bilangannya. Umumnya dalam komunikasi masa digunakan bilangan dengan basis 10 atau desimal. Jadi angka 1011 orang akan menterjemahkan nilainya seribu sebelas. Akan sangat berbeda jika angka 1011 dalam biner atau 1011 dalam heksa desimal atau dalam oktal. Disinilah pentingnya pemaknaan nilai angka berdasar kepada basis. Bekerja dalam sistem mikroprosesor memerlukan pemahaman akan nilai dan pemahaman akan konversi diantara basis bilangan itu.

2. KONVERSI BILANGAN

Sebuah bilangan dapat dinyatakan dalam empat penyajian angka atau simbol berbeda. Untuk mendapatkan nilai suatu bilangan atau padanan suatu bilangan dalam satu basis ke basis lainnya digunakan cara konversi bilangan. Ada dua teknik konversi yaitu :

- Teknik bagi dan
- Teknik kurang

2.1. Konversi Bilangan Desimal ke Biner

Contoh 5 :

44_{10} = ……………..$_2$

Dengan teknik bagi dua

44 : 2 =	22	sisa: 0	LSB
22 : 2 =	11	sisa: 0	
11 : 2 =	5	sisa: 1	
5 : 2 =	2	sisa: 1	
2 : 2 =	1	sisa: 0	
1 : 2 =	0	sisa: 1	MSB

Jadi 44_{10} = 101100 $_2$

Dengan teknik pengurangan :

44 – 128 =	K	bit: 0	MSB
44 – 64 =	K	bit: 0	
44 – 32 =	12	bit: 1	
12 – 16 =	K	bit: 0	
12 - 8 =	4	bit: 1	
4 - 4 =	0	bit: 1	
0 - 2 =	K	bit: 0	
0 - 1 =	K	bit: 0	LSB

Jadi :44_{10} = 00101100_2

Catatan: Jika bilangan yang dikurangkan nilainya lebih kecil dari bilangan pengurang maka nilai bit sama dengan 0. Jika bilangan yang dikurangkan nilainya lebih besar dari bilangan pengurang maka nilai bit sama dengan 1.

2.2 Konversi Bilangan Desimal ke Heksa-Desimal

Contoh 6 :

44_{10} = …………….$_{16}$

Dengan teknik bagi 16

44 : 16 = 2 sisa: 12

12 dalam sistem heksadesimal adalah C

Jadi $44_{10} = 2C_{16}$

2.3. Konversi Bilangan Desimal ke Oktal

Contoh 7 :

44_{10} = …………….$_{8}$

Dengan teknik bagi 8

44 : 8 = 5 sisa : 4

Jadi $44_{10} = 54_{8}$

2.4. Konversi Bilangan Biner ke Heksa-Desimal dan Oktal

Konversi bilangan biner ke Heksa-Desimal menggunakan satuan 4 bit sedangkan konversi bilangan biner ke oktal menggunakan satuan 3 bit. Tabel berikut menunjukkan tabel konversi biner ke Heksa-Desimal dan Oktal

Tabel 8.1. Dasar Konversi Bilangan desimal,heksa desimal, dan oktal

DESIMAL	BINER	HEKSA-DESIMAL	OKTAL
0	0000	0	0
1	0001	1	1
2	0010	2	2
3	0011	3	3
4	0100	4	4
5	0101	5	5
6	0110	6	6
7	0111	7	7
8	1000	8	10
9	1001	9	11
10	1010	A	12
11	1011	B	13
12	1100	C	14
13	1101	D	15
14	1110	E	16
15	1111	F	17

3. Bilangan Biner Tak Bertanda 8 Bit

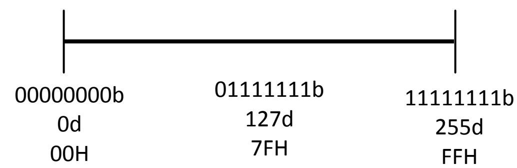
Bilangan biner tak bertanda 8 bit dapat menyajikan bilangan sebanyak 256 nilai dari 0 sampai dengan 255. Berdasarkan satuan dan proses konversi maka dapat disusun tabel konversi desimal ke biner dan Heksa-Desimal sebagai berikut:

Tabel 8.2. Konversi bilangan biner tidak bertanda 8 bit

Desimal	Biner	Heksa-Desimal	Desimal	Biner	Heksa-Desimal
0	0000 0000	00	32	0010 0000	20
1	0000 0001	01	33	0010 0001	21
2	0000 0010	02	....	.....	...
3	0000 0011	03	....	.....	...
4	0000 0100	04	63	0011 1111	3F
5	0000 0101	05	64	0100 0000	40
6	0000 0110	06	65	0100 0001	41
7	0000 0111	07	...	....	....
8	0000 1000	08	....	.....	....
9	0000 1001	09	127	0111 1111	3F
10	0000 1010	0A	128	1000 0000	80
11	0000 1011	0B	129	1000 0001	81
...	......	.....	....	.....	...
....	.....	....	254	1111 1110	FE
31	0001 1111	1F	255	1111 1111	FF

Tabel Konversi di atas dapat diteruskan dan dikembangkan lebih lanjut.

Dari tabel dapat dibuat garis bilangan dengan bilangan terkecil 00000000 = 0_{10} = 00_{16} dan bilangan terbesar 11111111 = 255_{10} = FF_{16}. Format bilangan tak bertanda dapat digambarkan dalambentuk garis bilangan seperti Gambar 8.1.



Gambar 8.1. Garis bilangan tidak bertanda

Dari garis bilangan terlihat bahwa bekerja dengan bilangan 8 bit nilai biner terendah adalah 0000000 yang dalam desimal 0d dan dalam heksa desimal 00H. Sedangkan nilai tertinggi dari bialnag 8 bit adalah 11111111b= 255d= FFH. Jadi dalam sistem bilangan tidak bertanda ada rentang nilai dari 0 hingga 255. Keseluruhan data untuk 8 bit adalah 256 yaitu 2^8.

3.1 Penjumlahan dan Pengurangan Biner

Dalam penjumlahan bilangan biner berlaku kaidah seperti Gambar 8.2 berikut.

C In	B	A	ADD= A+B+Cin	Carry Out
0	0	0	0	0
0	0	1	1	0
0	1	0	1	0
0	1	1	0	1
1	0	0	1	0
1	0	1	0	1
1	1	0	0	1
1	1	1	1	1

Gambar 8.2. Kaidah penjumlahan biner

Penjumlahan bilangan biner dimulai dari bit LSB menuju bit MSB

Contoh 8 :

```
Desimal    biner        heksa-desimal

     Carry:0110 0010
A  =  53    0011 0101    35
B  =  25    0001 1001    19
     --------------------------------+
      78    0100 1110    4D
```

```
Desimal    biner          heksa-desimal

   Carry:   0000 0000
A  = 129    1000 0001    81
B  = 138    1000 1010    8A
   -----------------------------------+
     267  1 0000 1011   1 0B
```

Dalam pengurangan bilangan biner berlaku kaidah seperti Gambar 8.3.berikut.

B In	B	A	SUB = A - B - Bin	Borrow Out
0	0	0	0	0
0	0	1	1	0
0	1	0	1	1
0	1	1	0	0
1	0	0	1	1
1	0	1	0	0
1	1	0	0	1
1	1	1	1	1

Gambar 8.3. Kaidah pengurangan biner

Sama dengan penjumlahan, pengurangan bilangan biner dimulai dari bit LSB menuju bit MSB

Contoh 9 :

```
Desimal         biner        heksa-desimal

    Borrow      0011 0000
A  =  53        0011 0101   35
B  =  25        0001 1001   19
   -------------------------------------- -
     28         0001 1100   1C
```

```
Desimal         biner        heksa-desimal

  Borrow:       0000 0000
A  = 129        1000 0001   81
B  = 128        1000 0000   80
---------------------------------------- -
      01        0000 0001   01
```

3.2. Pengurangan dengan Metoda Komplemen

Pengurangan suatu bilangan dapat dilakukan dengan penjumlahan bilangan tersebut dengan komplemen bilangan pengurangnya A-B = A+(-B). Dalam desimal dikenal istilah komplemen 9 dan komplemen 10 sedangkan dalam biner dikenal komplemen 1 dan komplemen 2. Gambar 8.4. menunjukkan pola komplemen 9 dan komplemen 1.

Desimal		Biner	
Bilangan	Komplemen 9	Bilangan	Komplemen 1
0	9	0	1
1	8	1	0
2	7		
3	6		
4	5		
5	4		
6	3		
7	2		
8	1		
9	0		

Gambar 8.4. Pola komplemen 9 dan komplemen 1.

Disamping komplemen 9 dalam desimal dikenal komplemen 10 yaitu komplemen 9 + 1. Sedangkan dalam biner dikenal komplemen 2 yaitu komplemen 1+1.

Contoh 10 :

Pengurangan dengan komplemen dapat digambarkan seperti Gambar 8.5.

Desimal

Konvensional	Komplemen 9	Komplemen 10
67 24 - --------- **43**	67 75 + -------- 1 42 1 + -------- **43**	67 76 + -------- 1 **43**

Gambar 8.5. Pola pengurangan dengan komplemen 9 dan komplemen 10

Dalam Gambar 8.5. bilangan 24 jika dirubah menjadi komplemen 9 maka nilainya adalah 75. Nilai 75 didapat dari nilai 2 komplemen sembilannya adalah 7 dan nilai 4 komplemen sembilannya adalah 5 (lihat Gambar 8.4.). Jadi negatif dari 24 dalam komplemen 9 adalah 75. Selanjutnya pengurangan dapat dirubah menjadi penjumlahan dan hasilnya 142. Karena ada carry 1 maka nilai pengurangan itu positif dan dikoreksi kembali dengan menjumlahkan nilai carry 1 dengan hasil 42 sehingga menjadi 43. Penjumlahan dengan komplemen 9 diperbaiki dengan menggunakan komplemen 10 seperti pada Gambar 8.5. Ada catatan pada komplemen 10, jika carry = 1 hasil positif dan jika carry = 0 hasil negatif.

Pada biner penjumlahan bilangan dengan bilangan negatifnya dilakukan menggunakan komplemen 1dan komplemen 2. Gambar 8.6. menunjukkan penjumlahan dengan komplemen 1 dan komplemen 2 sebagai pengganti pengurangan.

Biner

Konvensional	**Komplemen 1**	**Komplemen 2**
0100 0011 0001 1000 - ----------------- 0010 1011	0100 0011 1110 0111 +--------------- 1 0010 1010 1 + -------------- 0010 1011	0100 0011 1110 1000 +--------------- 0010 1011

Gambar 8.6. Pola pengurangan dengan komplemen 1 dan komplemen 2

4.Bilangan Biner Bertanda 8 Bit

Dalam operasi aritmetika sering diperlukan juga penyajian bilangan dengan tanda positif dan negatif. Bilangan semacam ini disebut bilangan bertanda. Untuk menyajikan tanda suatu bilangan biner apakah positif atau negatif digunakan satu bit data yaitu bit MSB atau b7 untuk data 8 bit. Jika b7 = 1 menandakan bilangan tersebut negatif (-) sedabgkan jika b7 = 0 menunjukkan bilangan tersebut positif (+). Tabel 8.3. berikut menunjukkan tabel bilangan bertanda.

Tabel 8.3. Bilangan Biner Bertanda

Desimal Positif	Biner Bertanda	Desimal Negatif	Biner Bertanda
+ 1	0 000 0001	- 1	1 000 0001
+ 2	0 000 0010	- 2	1 000 0010
+ 3	0 000 0011	- 3	1 000 0011
+ 4	0 000 0100	- 4	1 000 0100
+ 5	0 000 0101	- 5	1 000 0101
.....	.....	.....	.....
+ 10	0 000 1010	- 10	1 000 1010
....		....	
+126	0 111 1110	-126	1 111 1110
+127	0 111 1111	-127	1 111 1111

Penyajian bilangan biner bertanda dengan menggunakan tanda bilangan pada bit B7 belum memenuhi kebutuhan pengolahan data dalam operasi aritmetika. Dua contoh berikut sebagai bukti.

Contoh 11

Desimal	Biner
+3 -2 ----+ +1	0 000 0011 1 000 0010 ---------------------+ 1 000 0101 = - 5
Desimal	**Biner**
+4 - 5 ------ + -1	0 000 0100 1 000 0101 ---------------- + 1 000 1001 = - 9

Gambar 8.7. Pola operasi bilangan bertanda

Dari dua contoh diatas terbukti hasil penjumlahan dua buah bilangan itu salah. Untuk itu perlu dicari jalan keluarnya. Karena komputer tidak hanya untuk menyajikan informasi tetapi juga untuk melakukan pengolahan data seperti operasi aritmetika. Jalan keluar yang dapat digunakan adalah dengan menggunakan operasi bilangan bertanda komplemen dua.

5. Bilangan Bertanda Komplemen Dua

Dalam penyajian komplemen dua bilangan-bilangan positif disajikan tetap seperti biasa sebagaimana bilangan biner bertanda. Perbedaannya terletak pada penyajian bilangan negatif. Penyajian bilangan negatif dilakukan dengan merubahnya menjadi bilangan komplemen dua. Tentu saja harus didahului dengan merubahnya ke bilangan komplemen satu.

Tabel 8.4. berikut menunjukan cara pengubahan bilangan biner bertanda komplemen dua sebagai bilangan negatif. Dengan membuat komplemen dua dari satu bilangan biner di dapat nilai negatif dari bilangan tersebut. Caranya adalah dengan menetapkan bit B7 bernilai 1 dan membuat nilai bit B0 sampai B6 menjadi komplemen dua. Kembali ke konsep komplemen dua dalam biner adalah komplemen 1 ditambah 1.

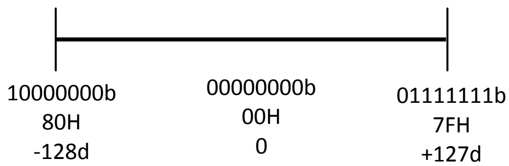
Tabel 8.4. Konversi bilangan biner negatif

Des. Neg.	Biner Bertanda	Komplemen 1	Komplemen 2
- 1	1 000 0001	1 111 1110	1 111 1111
- 2	1 000 0010	1 111 11 01	1 111 1110
- 3	1 000 0011	1 111 11 00	1 111 1101
- 4	1 000 0100	1 111 1011	1 111 1100
- 5	1 000 0101	1 111 1010	1 111 1011
- 6	1 000 0 110	1 111 1001	1 111 1010
- 7	1 000 0111	1 111 1000	1 111 1001
….	.....	....	....
-127	1 111 1111	1 000 0000	1 000 0001
-128			1 000 0000

Dengan melengkapi nilai-nilai bilangan komplemen dua untuk bilangan negatif dan menggabungkannya dengan bilangan bertanda positif maka dihasilkan Tabel 8.5 sebagai bilangan bertanda 8 bit dan garis bilangan berrtanda digambarkan seperti Gambar 8.8.

Tabel 8.5. Bilangan biner bertanda

Des. Pos.	Biner Bertanda	Desimal Negatif	Biner Bertanda
+ 1	0 000 0001	- 1	1 111 1111
+ 2	0 000 0010	- 2	1 111 1110
+ 3	0 000 0011	- 3	1 111 1101
+ 4	0 000 0100	- 4	1 111 1100
+ 5	0 000 0101	- 5	1 111 1011
…..	…..	-6	1 111 1010
+ 10	0 000 1010	- 7	1 111 1001
….		….	
+126	0 111 1110	-127	1 000 0001
+127	0 111 1111	-128	1 000 0000



Gambar 8.8. Garis Bilangan biner bertanda

Dengan menggunakan penyajian bilangan biner komplemen 2 sebagai bilangan negatif dalam bilangan biner bertanda didapat hasil operasi aritmetika yang benar. Untuk kode 8 bit sebagaimana terlihat pada garis bilangan kemampuan operasinya dibatasi diantara -128 sampai dengan +127. Operasi aritmetika diatas atau lebih besar dari +127 dan di bawah atau lebih kecil dari –128 akan mengakibat kesalahan yang disebut dengan kesalahan Overflow. Perhatikan contoh-contoh berikut.

Contoh 12

Desimal +2 +3 -----+ +5 cocok	Biner 0 000 0010 0 000 0011 ----------------+ 0 000 0101 = + 5
Desimal +125 + 5 -------- + +130 SALAH OVERFLOW	Biner 0 111 1101 0000 0101 ----------------+ 1 000 0010 = - 126
Desimal +5 -2 ----------+ +3 cocok	Biner 0 000 0101 1 111 1110 -----------------+ 1 0 000 0011 = + 3
Desimal -5 -2 ------------+ -7 cocok	Biner 1 111 1011 1 111 1110 ---------------+ 1 1 111 1001 = -7
Desimal -128 - 1 ---------- + -129 SALAH OVERFLOW	Biner 1 000 0000 1 111 1111 ----------------- + 1 0 111 1111 = + 127

6. Penyajian BCD

Untuk mengkodekan bilangan desimal dari 0 sampai dengan 9 dalam format biner diperlukan empat angka biner (I nible). Empat angka biner membentuk $2^4 = 16$ kemungkinan. Karena angka desimal hanya membutuhkan 10 kode angka maka ada 6 kode yang tidak digunakan dalam penyajian DTB. Hal ini akan memungkinkan timbulnya permasalahan dalam operasi aritmetika.