

Tabel 5.1
Pengamatan Karakteristik :
Nilai Konstanta td_2 , td_1 dan td Pada Isyarat_PWM_1

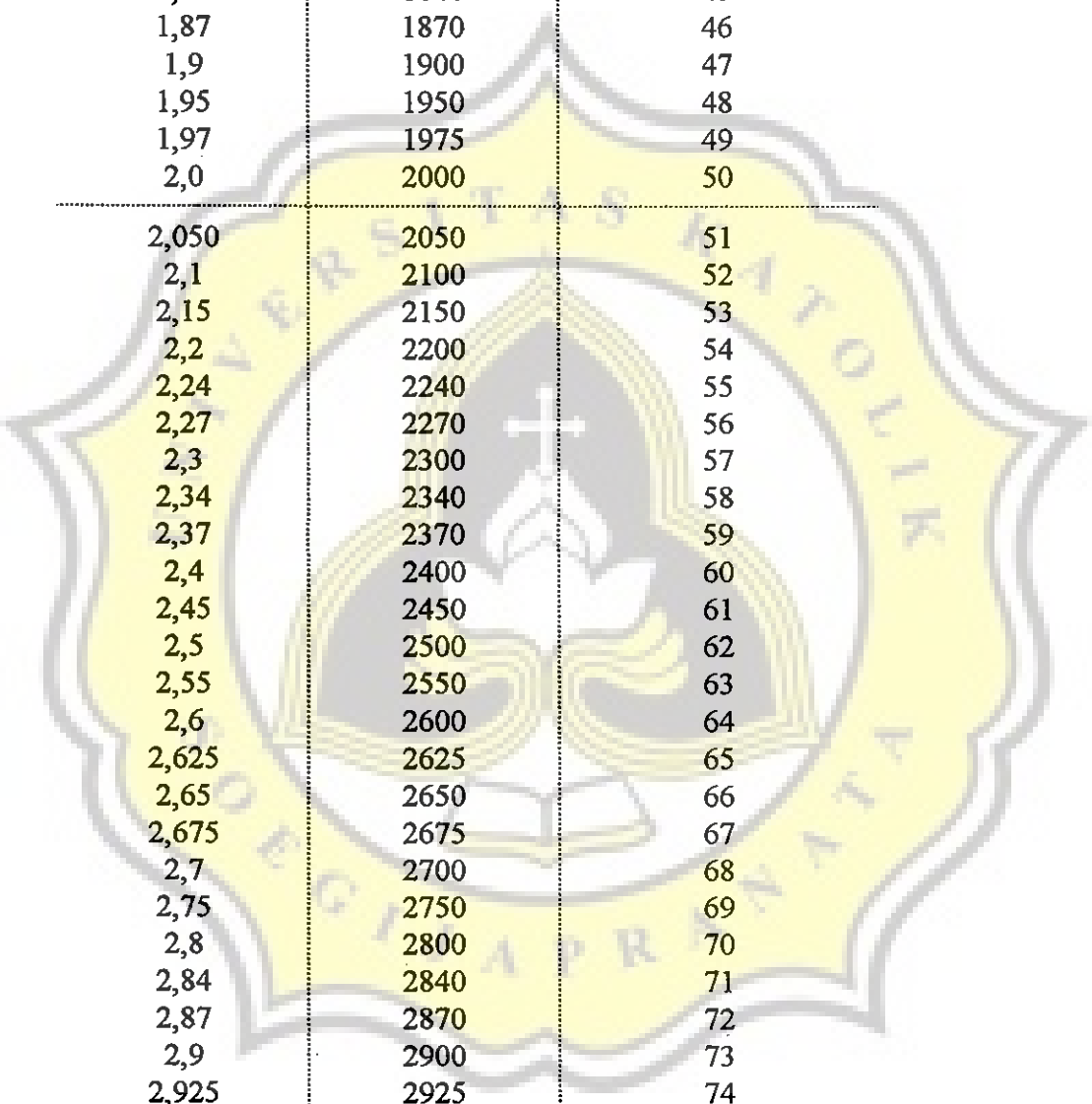
Waktu Denyut Tinggi (td_2)	Waktu Denyut Rendah (td_1)	Siklus Tugas (D)
0,13	0,87	11 %
0,26	0,74	23 %
0,34	0,64	35 %
0,42	0,58	42 %
0,57	0,43	54 %
0,66	0,34	67 %
0,76	0,24	76 %
0,83	0,17	87 %
0,98	0,02	92 %
1,02	0,01	99 %

Tabel 5.2
Pengamatan Karakteristik :
Siklus Tugas Isyarat Masukan Terhadap Tegangan Motor DC

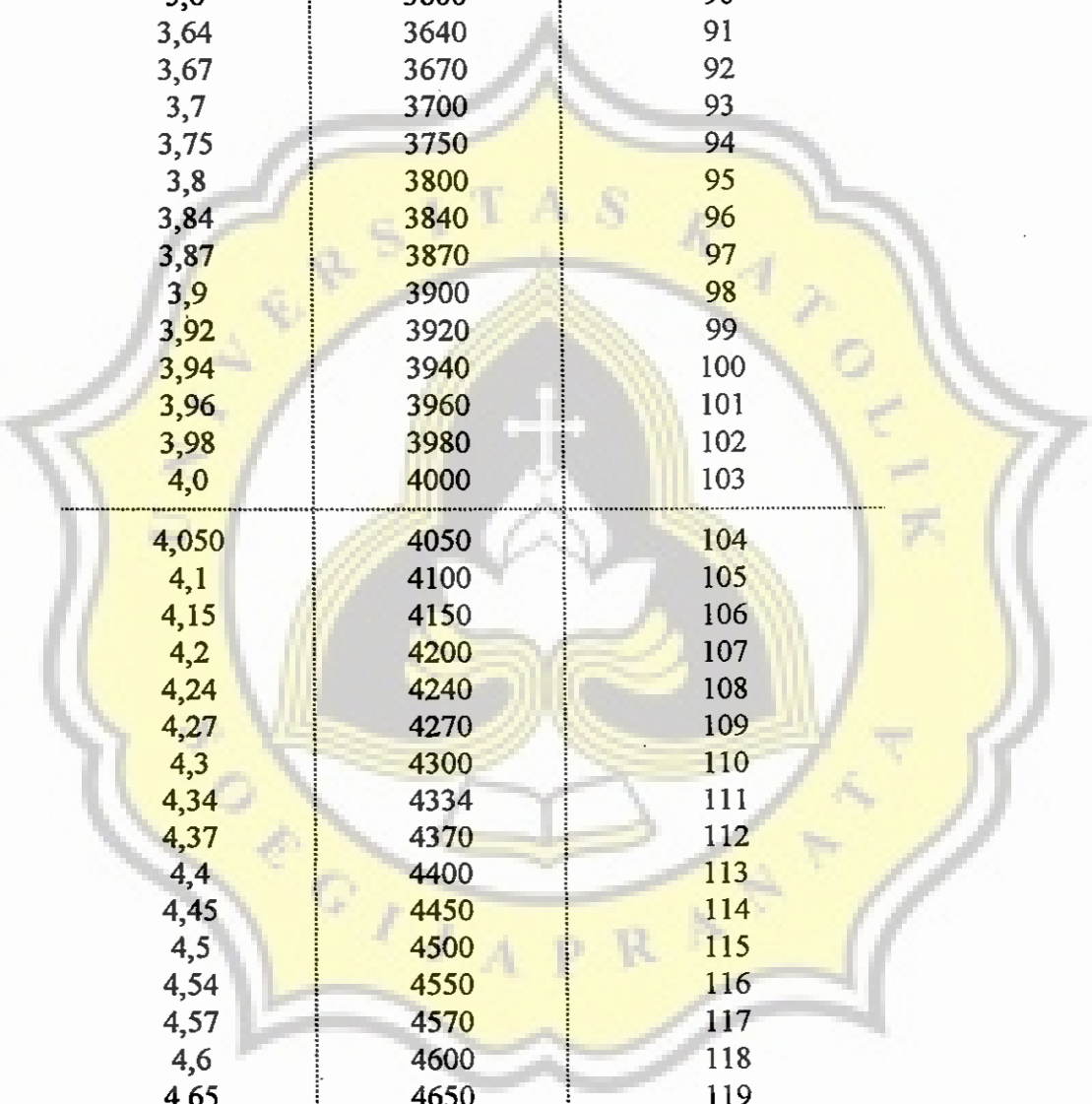
Siklus Tugas (D)	Tegangan (E_a)
11 %	1,2
23 %	1,7
35 %	2,3
42 %	2,8
54 %	3,3
67 %	3,9
76 %	4,3
87 %	4,7
92 %	5,1
99 %	5,6

Tabel 5.3
Pengamatan Karakteristik :
Simpangan Sudut Persendian Bagian Bahu
Simulator Lengan Robot Terhadap Waktu

Waktu (detik)	Waktu Proses (td)	Simpangan Sudut ($\theta_{\text{BAHU}}^{\circ}$)
0,1	100	1
0,15	150	2
0,2	200	3
0,25	250	4
0,3	300	5
0,34	340	6
0,37	370	7
0,4	400	8
0,45	450	9
0,5	500	10
0,54	540	11
0,57	570	12
0,6	600	13
0,625	625	14
0,65	650	15
0,675	675	16
0,7	700	17
0,8	800	18
0,85	850	19
0,9	900	20
0,95	950	21
1,0	1000	22
1,025	1025	23
1,050	1050	24
1,075	1075	25
1,1	1100	26
1,15	1150	27
1,2	1200	28
1,24	1240	29
1,27	1270	30
1,3	1300	31
1,325	1325	32
1,350	1350	33
1,375	1375	34
1,4	1400	35
1,45	1450	36
1,5	1500	37
1,55	1550	38



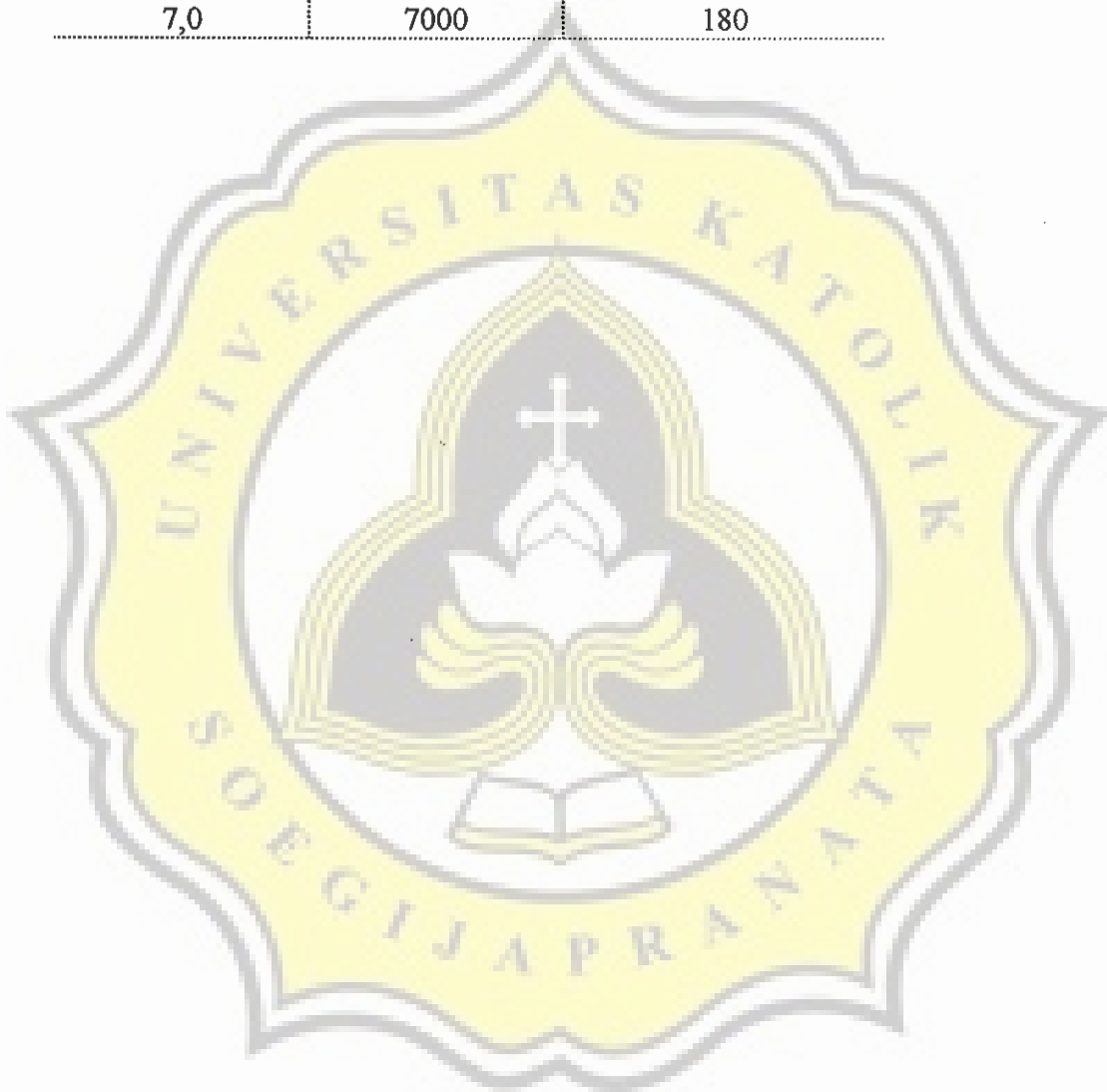
1,6	1600	39
1,64	1640	40
1,67	1670	41
1,7	1700	42
1,75	1750	43
1,8	1800	44
1,84	1840	45
1,87	1870	46
1,9	1900	47
1,95	1950	48
1,97	1975	49
2,0	2000	50
2,050	2050	51
2,1	2100	52
2,15	2150	53
2,2	2200	54
2,24	2240	55
2,27	2270	56
2,3	2300	57
2,34	2340	58
2,37	2370	59
2,4	2400	60
2,45	2450	61
2,5	2500	62
2,55	2550	63
2,6	2600	64
2,625	2625	65
2,65	2650	66
2,675	2675	67
2,7	2700	68
2,75	2750	69
2,8	2800	70
2,84	2840	71
2,87	2870	72
2,9	2900	73
2,925	2925	74
2,95	2950	75
2,975	2975	76
3,0	3000	77
3,050	3050	78
3,1	3100	79
3,14	3140	80
3,17	3170	81
3,2	3200	82
3,25	3250	83



3,3	3300	84
3,35	3350	85
3,4	3400	86
3,44	3440	87
3,47	3470	88
3,5	3500	89
3,6	3600	90
3,64	3640	91
3,67	3670	92
3,7	3700	93
3,75	3750	94
3,8	3800	95
3,84	3840	96
3,87	3870	97
3,9	3900	98
3,92	3920	99
3,94	3940	100
3,96	3960	101
3,98	3980	102
4,0	4000	103
4,050	4050	104
4,1	4100	105
4,15	4150	106
4,2	4200	107
4,24	4240	108
4,27	4270	109
4,3	4300	110
4,34	4334	111
4,37	4370	112
4,4	4400	113
4,45	4450	114
4,5	4500	115
4,54	4550	116
4,57	4570	117
4,6	4600	118
4,65	4650	119
4,7	4700	120
4,74	4740	121
4,77	4770	122
4,8	4800	123
4,84	4840	124
4,87	4870	125
4,9	4900	126
4,94	4940	127

4,97	4970	128
5,0	5000	129
5,050	5050	130
5,1	5100	131
5,15	5150	132
5,2	5200	133
5,3	5300	134
5,34	5334	135
5,37	5370	136
5,4	5400	137
5,44	5440	138
5,47	5470	139
5,5	5500	140
5,55	5550	141
5,6	5600	142
5,625	5625	143
5,65	5650	144
5,675	5675	145
5,7	5700	146
5,75	5750	147
5,8	5800	148
5,85	5850	149
5,9	5900	150
5,94	5940	151
5,97	5970	152
6,0	6000	153
6,04	6040	154
6,07	6070	155
6,1	6100	156
6,15	6150	157
6,2	6200	158
6,24	6240	159
6,27	6270	160
6,3	6300	161
6,35	6335	162
6,4	6400	163
6,425	6425	164
6,45	6445	165
6,475	6475	166
6,5	6500	167
6,55	6550	168
6,6	6600	169
6,65	6650	170
6,7	6700	171
6,74	6740	172

6,77	6770	173
6,8	6800	174
6,84	6840	175
6,87	6870	176
6,9	6900	177
6,94	6940	178
6,97	6970	179
7,0	7000	180



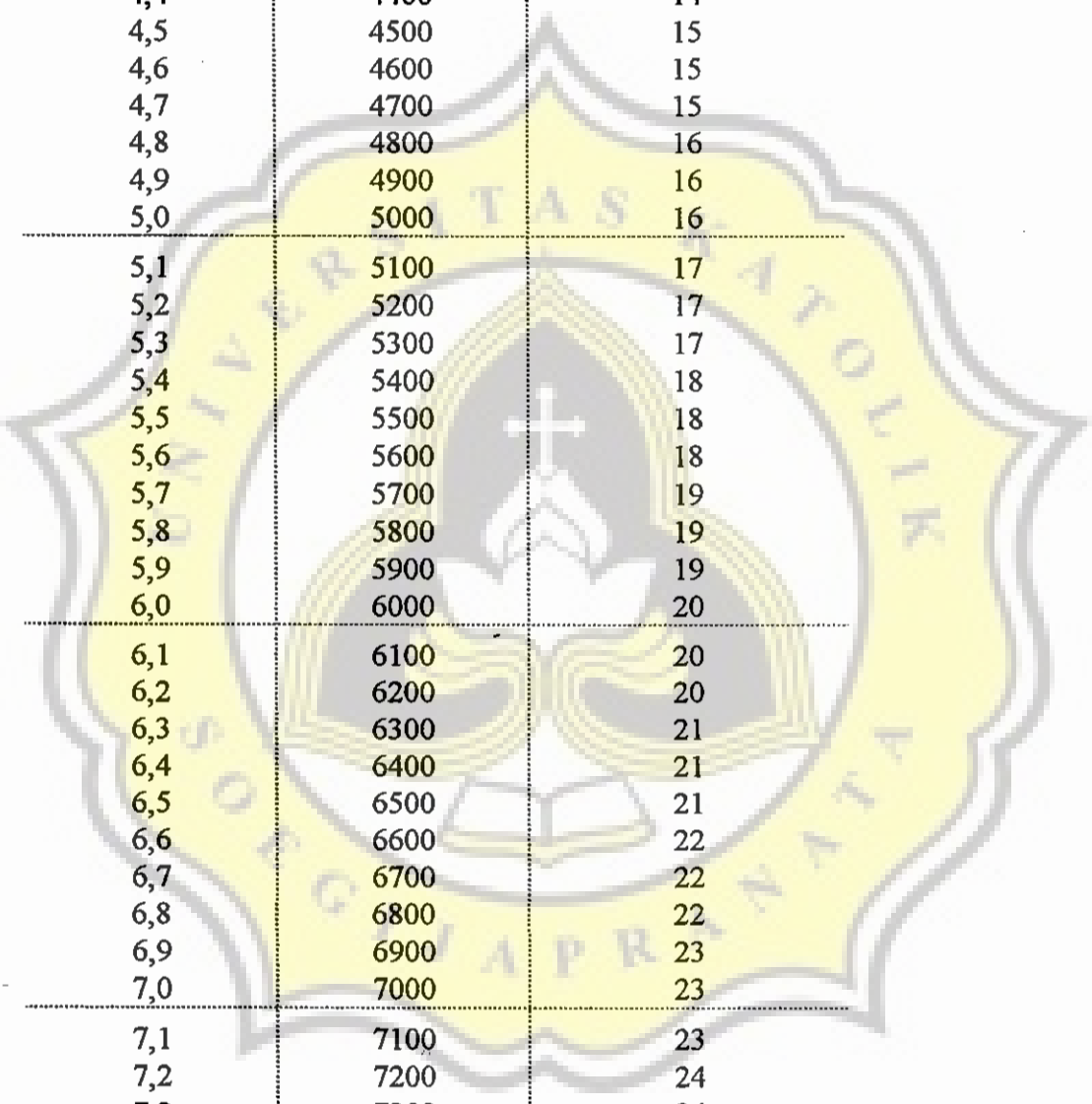
Tabel 5.4
Pengamatan Karakteristik :
Simpangan Sudut Persendian Bagian Siku
Simulator Lengan Robot Terhadap Waktu

Waktu (detik)	Waktu Proses (td)	Simpangan Sudut (θ_{SIKU}) ^o
0,1	100	0
0,2	200	0
0,25	250	1
0,3	300	2
0,4	400	3
0,45	450	4
0,5	500	5
0,6	600	6
0,7	700	7
0,8	800	8
0,9	900	8
1,0	1000	9
1,05	1050	10
1,1	1100	11
1,2	1200	12
1,3	1300	13
1,4	1400	14
1,5	1500	14
1,55	1550	15
1,6	1600	16
1,7	1700	16
1,75	1750	17
1,8	1800	18
1,9	1900	18
1,95	1950	19
2,0	2000	20
2,1	2100	21
2,2	2200	21
2,3	2300	22
2,4	2400	23
2,5	2500	24
2,6	2600	24
2,7	2700	25
2,75	2750	26
2,8	2800	27
2,84	2840	28
2,87	2870	29

2,9	2900	30
2,95	2950	31
3,0	3000	32
3,1	3100	32
3,2	3200	33
3,3	3300	34
3,35	3350	35
3,4	3400	36
3,5	3500	37
3,6	3600	37
3,7	3700	38
3,8	3800	39
3,9	3900	39
3,95	3950	40
4,0	4000	41
4,1	4100	42
4,2	4200	43
4,25	4250	44
4,3	4300	45
4,4	4400	46
4,5	4500	46
4,55	4550	47
4,6	4600	48
4,7	4700	48
4,75	4750	49
4,8	4800	50
4,9	4900	51
4,95	4950	52
5,0	5000	53
5,1	5100	53
5,2	5200	54
5,25	5250	55
5,3	5300	56
5,4	5400	57
5,5	5500	57
5,6	5600	58
5,7	5700	59
5,8	5800	60
5,9	5900	61
5,95	5950	62
6,0	6000	63

Tabel 5.5
Pengamatan Karakteristik :
Simpangan Sudut Persendian Bagian Pergelangan dan Jari Tangan
Simulator Lengan Robot Terhadap Waktu

Waktu (detik)	Waktu Proses (td)	Simpangan Sudut ($\theta_{\text{JARI}}^{\circ}$)
0,1	100	0
0,2	200	0
0,3	300	1
0,4	400	1
0,5	500	2
0,6	600	2
0,7	700	2
0,8	800	3
0,9	900	3
1,0	1000	3
1,1	1100	4
1,2	1200	4
1,3	1300	4
1,4	1400	5
1,5	1500	5
1,6	1600	5
1,7	1700	6
1,8	1800	6
1,9	1900	6
2,0	2000	7
2,1	2100	7
2,2	2200	7
2,3	2300	7
2,4	2400	8
2,5	2500	8
2,6	2600	8
2,7	2700	9
2,8	2800	9
2,9	2900	9
3,0	3000	10
3,1	3100	10
3,2	3200	10
3,3	3300	11
3,4	3400	11
3,5	3500	11
3,6	3600	12
3,7	3700	12
3,8	3800	12



3,9	3900	13
4,0	4000	13
4,1	4100	13
4,2	4200	14
4,3	4300	14
4,4	4400	14
4,5	4500	15
4,6	4600	15
4,7	4700	15
4,8	4800	16
4,9	4900	16
5,0	5000	16
5,1	5100	17
5,2	5200	17
5,3	5300	17
5,4	5400	18
5,5	5500	18
5,6	5600	18
5,7	5700	19
5,8	5800	19
5,9	5900	19
6,0	6000	20
6,1	6100	20
6,2	6200	20
6,3	6300	21
6,4	6400	21
6,5	6500	21
6,6	6600	22
6,7	6700	22
6,8	6800	22
6,9	6900	23
7,0	7000	23
7,1	7100	23
7,2	7200	24
7,3	7300	24
7,4	7400	24
7,5	7500	25
7,6	7600	25
7,7	7700	25
7,8	7800	26
7,9	7900	26
8,0	8000	26

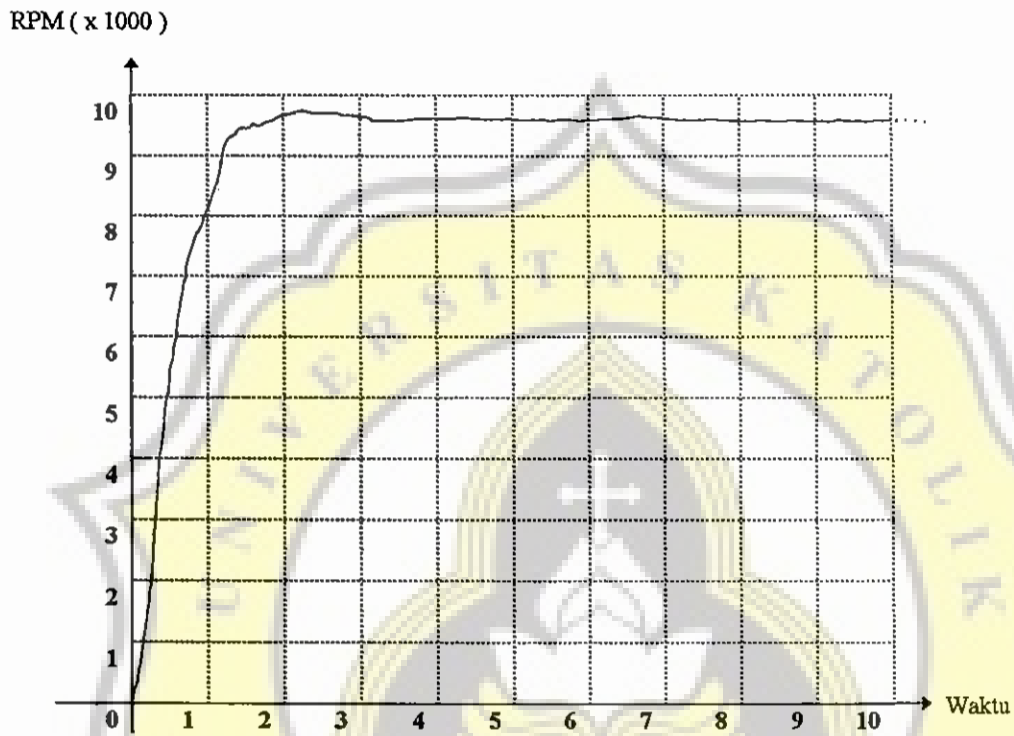
Tabel 5.6
Pengamatan Karakteristik :
Tegangan, Waktu dan Kecepatan Putar Motor

Waktu (detik)	Waktu tunggu (td)	Tegangan (Volt)	RPM Motor DC
0,1	100	0,1	960
0,2	200	0,3	1887
0,3	300	0,3	2957
0,4	400	0,8	3644
0,5	500	1,1	5365
0,6	600	1,5	6011
0,7	700	1,7	6726
0,8	800	1,8	7208
0,9	900	2,2	7936
1,0	1000	2,2	8152

Waktu (detik)	Waktu tunggu (td)	Tegangan (Volt)	RPM Motor DC
1,1	1100	2,4	8576
1,2	1200	2,4	8782
1,3	1300	2,6	9263
1,4	1400	2,8	9268
1,5	1500	3,2	9344
1,6	1600	3,4	9387
1,7	1700	3,4	9396
1,8	1800	3,6	9443
1,9	1900	3,8	9485
2,0	2000	3,8	9615

Waktu (detik)	Waktu tunggu (td)	Tegangan (Volt)	RPM Motor DC
3	3000	4,2	9620
4	4000	4,2	9635
5	5000	4,5	9637
6	6000	4,5	9649
7	7000	4,7	9653
8	8000	4,9	9655
9	9000	5,3	9660
10	1000	5,6	9667

Grafik Karakteristik Kecepatan Putar Motor DC (RPM) Terhadap Waktu



Program Kendali 5.1
Pembangkitan Isyarat E_1 1 KHz dengan Siklus Tugas (D)

```

#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <conio.h>
#include <dos.h>
#include <string.h>

#define PPI_8255_PortA 0x300      /* Alamat Port A adalah 300 H */
#define PPI_8255_PortB 0x301      /* Alamat Port B adalah 301 H */
#define PPI_8255_PortC 0x302      /* Alamat Port C adalah 302 H */
#define PPI_8255_CW 0x303        /* Alamat Control Word adalah 303 H */

main()
{
    int x, y, z, td, td1, td2;
    int data_kata_kendali, kata_kendali;
    int data_sinyal_ON, sinyal_ON;
    int data_sinyal_OFF, sinyal_OFF;
    clrscr();

    /* Inisialisasi Awal PPI 8255A */
    data_kata_kendali = 0x80;
    kata_kendali = data_kata_kendali;
    outport(PPI_8255_CW, kata_kendali);

    /* Menutup semua saluran pada Port B */
    data_sinyal_OFF = 0xFF;
    sinyal_OFF = data_sinyal_OFF;
    outport(PPI_8255_PortB, sinyal_OFF);

    /* Membangkitkan sinyal kotak - 1 KHz - dengan siklus tugas bervariasi
    berdasarkan hitungan detik */
    for(x=0; x<=10; x++)
    {
        gotoxy(1,12); printf("Waktu tunggu : %d", x); x++;
        for(y=0; y<=10; y++)
        {
            for(z=0; z<=10; z++)
            {
                /* Membuka saluran PB0 pada Port B */
                data_sinyal_ON = 0x01;
                sinyal_ON = data_sinyal_ON;
                outport(PPI_8255_PortB, sinyal_ON);
                delay(td2);
            }
        }
    }
}

```

```
/* Menutup semua saluran pada Port B */  
data_sinyal_OFF = 0xFF;  
sinyal_OFF = data_sinyal_OFF;  
outport(PPI_8255_PortB, sinyal_OFF);  
delay(td1);  
}  
delay(td);  
}  
/* Menutup semua saluran pada Port B */  
data_sinyal_OFF = 0xFF;  
sinyal_OFF = data_sinyal_OFF;  
outport(PPI_8255_PortB, sinyal_OFF);  
}
```



Program Kendali 5.2
Pengamatan Waktu Naik (t_r), Waktu Puncak (t_p) dan Waktu Stabil (t_s) Motor DC
Dengan Metode Pengaturan Waktu Hidup Tegangan Masukan

```

#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <conio.h>
#include <dos.h>
#include <string.h>

#define PPI_8255_PortA 0x300      /* Alamat Port A adalah 300 H */
#define PPI_8255_PortB 0x301      /* Alamat Port B adalah 301 H */
#define PPI_8255_PortC 0x302      /* Alamat Port C adalah 302 H */
#define PPI_8255_CW 0x303        /* Alamat Control Word adalah 303 H */

main()
{
    int x, y, z, td;
    int data_kata_kendali, kata_kendali;
    int data_motor_stop, motor_stop;
    int data_test_motor, test_motor;
    clrscr();

    /* Inisialisasi Awal PPI 8255A */
    data_kata_kendali = 0x80;
    kata_kendali = data_kata_kendali;
    outport(PPI_8255_CW, kata_kendali);

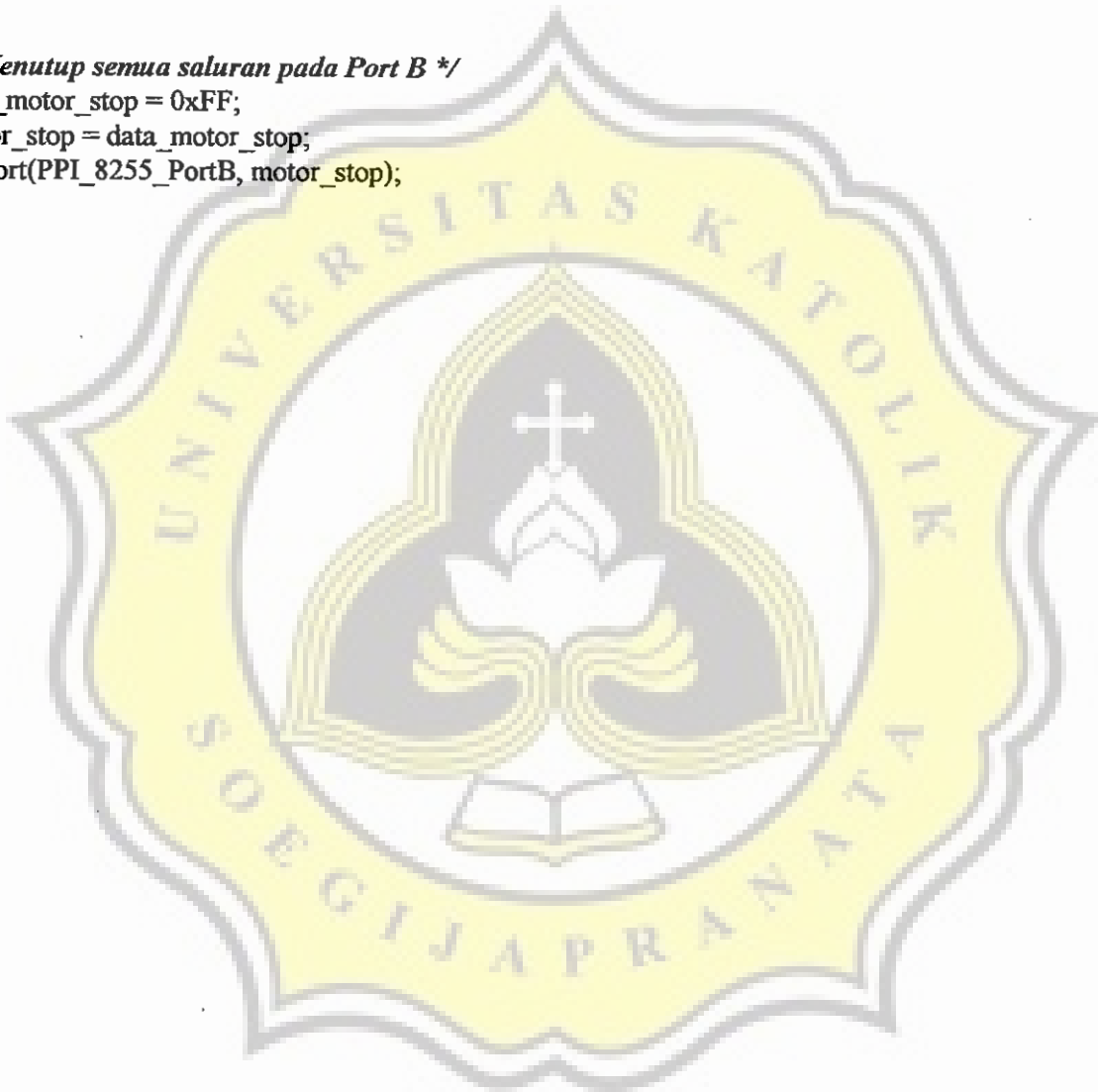
    /* Menutup semua saluran pada Port B */
    data_motor_stop = 0xFF;
    motor_stop = data_motor_stop;
    outport(PPI_8255_PortB, motor_stop);

    gotoxy(1,8);printf("Masukkan konstanta waktu untuk uji rpm : ");
    gotoxy(1,9);printf("Contoh : 1000 --> 1 detik");
    gotoxy(8,10);printf(": 100 --> 0.1 detik");
    gotoxy(42,8);scanf("%d",&tn);

    /* Membangkitkan sinyal kotak - 1 KHz - siklus tugas (D) 99 % */
    for(x=0; x<=6; x++)
    {
        gotoxy(1,12); printf("Pencacahan nilai pengulangan : %d", x); x++;
        for(y=0; y<=td; y++)
        {
            for(z=0; z<=10; z++)
            {
                /* Membuka saluran.PB0 pada Port B */
                data_test_motor = 0x01;
                test_motor = data_test_motor;
                outport(PPI_8255_PortB, test_motor);
                delay(0.90);
            }
        }
    }
}

```

```
/* Menutup semua saluran pada Port B */  
data_motor_stop = 0xFF;  
motor_stop = data_motor_stop;  
outport(PPI_8255_PortB, motor_stop);  
delay(0.10);  
}  
delay(td);  
}  
/* Menutup semua saluran pada Port B */  
data_motor_stop = 0xFF;  
motor_stop = data_motor_stop;  
outport(PPI_8255_PortB, motor_stop);  
}
```



Program Kendali 5.3

Pengendalian Titik Posisi Lengan Robot dengan Kompensasi Kalibrasi Sudut

```

#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <conio.h>
#include <dos.h>
#include <string.h>

#define PPI_8255_PortA 0x300      /* Alamat Port A adalah 300 H */
#define PPI_8255_PortB 0x301      /* Alamat Port B adalah 301 H */
#define PPI_8255_PortC 0x302      /* Alamat Port C adalah 302 H */
#define PPI_8255_CW 0x303        /* Alamat Kontrol Word adalah 303 H */

#define N1 180
#define N2 45
#define N3 26

main()
{
    /* Deklarasi Awal */
    char tombol1, tombol2, tombol3;
    int s, n;
    int kiri, kanan, naik, turun, genggam, lepas;
    int x, y, tn1, tn2, tn3, set_cycle;
    int vektor_posisi, data_kata_kendali, kata_kendali;
    int data_motor_stop, motor_stop;
    int data_test_motor, test_motor;
    int waktu_tunda_sudut;
    int kiri_kanan, naik_turun, pegang_lepas;
    int data_tunda_sudut_1 [N1] =
    {
        100,150,200,250,300,340,370,400,450,500,540,570,600,625,
        650,675,700,800,850,900,950,1000,1025,1050,1075,1100,
        1150,1200,1240,1270,1300,1325,1350,1375,1400,1450,1500,
        1550,1600,1640,1670,1700,1750,1800,1840,1870,1900,1940,
        1970,2000,2050,2100,2150,2200,2240,2270,2300,2340,2370,
        2400,2450,2500,2550,2600,2625,2650,2675,2700,2750,2800,
        2840,2870,2900,2925,2950,2975,3000,3050,3100,3140,3170,
        3200,3250,3300,3350,3400,3430,3470,3500,3600,3640,3670,
        3700,3750,3800,3840,3870,3900,3920,3940,3960,3980,4000,
        4050,4100,4150,4200,4240,4270,4300,4340,4370,4400,4450,
        4500,4540,4570,4600,4650,4700,4740,4770,4800,4840,4870,
        4900,4940,4970,5000,5050,5100,5150,5200,5250,5300,5340,
        5370,5400,5450,5500,5550,5600,5625,5650,5675,5700,5750,
        5800,5850,5900,5940,5970,6000,6040,6070,6100,6150,6200,
        6240,6270,6300,6350,6400,6425,6450,6475,6500,6550,6600,
        6650,6700,6740,6770,6800,6840,6870,6900,6940,6970,7000
    };
};

```

```

int data_tunda_sudut_2 [N2] =
{
    250,300,400,450,500,600,700,900,1000,1050,1100,1200,
    1300,1500,1550,1700,1750,1900,1950,2000,2200,2300,
    2400,2600,2700,2750,2800,2840,2870,2900,2950,3100,
    3200,3300,3350,3400,3600,3700,3900,3950,4000,4100,
    4200,4250,4300
};

int data_tunda_sudut_3 [N3] =
{
    400,600,900,1200,1500,1800,2200,2500,2800,
    3100,3400,3700,4000,4300,4600,4900,5200,
    5500,5800,6100,6400,6700,7000,7300,7600,8000
};

/* Tampilan Awal */
textmode(3);
textcolor(14);
textbackground(9);
clrscr();
gotoxy(21,5); cprintf("Selamat Datang");
gotoxy(21,6); cprintf("");
gotoxy(21,7); cprintf("");
gotoxy(21,8); cprintf("Program Kendali Posisi Simulator");
gotoxy(21,9); cprintf("Lengan Robot Berbasis IBM PC");
gotoxy(21,10);cprintf("");
gotoxy(21,11);cprintf("");
gotoxy(21,12);cprintf("Desain Tugas Akhir");
gotoxy(21,13);cprintf("");
gotoxy(21,14);cprintf("");
gotoxy(21,15);cprintf("Oleh :");
gotoxy(21,16);cprintf("");
gotoxy(21,17);cprintf("SAMUEL PRAMATA");
gotoxy(21,18);cprintf("93.50.005");
gotoxy(21,19);cprintf("");
gotoxy(21,20);cprintf("");
gotoxy(21,21);cprintf("");
textcolor(12+128);
gotoxy(30,23);cprintf("Copyright : fti.te.unika");
getch();

/* Inisialisasi Awal PPI 8255A */
textmode(3);
textcolor(14);
textbackground(9);
clrscr();
data_kata_kendali=0x80;
kata_kendali=data_kata_kendali;
outport(PPI_8255_CW,kata_kendali);

```

```

/* Menutup Semua Saluran di Port A */
data_motor_stop=0x00;
motor_stop=data_motor_stop;
outport(PPI_8255_PortA,motor_stop);

/* Memasukan Data Vektor Posisi Sudut */
do
{
gotoxy(2,1);printf("Program Kendali Posisi Simulator Lengan Robot");
gotoxy(2,2);printf("_____");
gotoxy(4,3);printf("1. Vektor Posisi Lengan Robot");
gotoxy(4,4);printf("2. Selesai");
gotoxy(2,6);printf("Pilih prosedur yang diinginkan (1 - 2) : ");
scanf("%d", &vektor_posisi);
switch (vektor_posisi)
{
case 1:
gotoxy(2,8);printf("Vektor Posisi Lengan Robot");
gotoxy(2,9);printf("_____");
gotoxy(2,10);printf("Persendian bahu bergerak ke kiri atau kanan :");
gotoxy(48,10);printf("(L)");gotoxy(50,10);printf("");
gotoxy(51,10);printf("R");gotoxy(54,10);printf("?");
tombol1=getche();
switch(tombol1)
{
case 'l':
case 'L':
gotoxy(4,11);printf("Simpangan sudut persendian bahu (max ± 180°) : ");
scanf("%d",&tn1);
if (tn1>N1 || tn1==0)
{
gotoxy(4,12);printf("Maaf, tidak ada dalam data ! \x07");
getch();
break;
}
break;
case 'r':
case 'R':
gotoxy(4,11);printf("Simpangan sudut persendian bahu (max ± 180°) : ");
scanf("%d",&tn1);
if (tn1>N1 || tn1==0)
{
gotoxy(4,12);printf("Maaf, tidak ada dalam data ! \x07");
getch();
break;
}
break;
}
}
}

```

```

default:
    gotoxy(4,11);printf("Maaf, anda salah menekan tombol ! \x07");
    getch();
    break;
}

gotoxy(2,13);printf("Persendian siku bergerak ke atas atau bawah :");
gotoxy(48,13);printf("U");gotoxy(50,13);printf("/");
gotoxy(51,13);printf("D");gotoxy(54,13);printf("?");
tombol2=getche();
switch(tombol2)
{
    case 'u':
    case 'U':
        gotoxy(4,14);printf("Simpangan sudut persendian siku (max ± 10°) : ");
        scanf("%d",&tn2);
        if (tn2>N2 || tn2==0)
        {
            gotoxy(4,15);printf("Maaf, tidak ada dalam data ! \x07");
            getch();
            break;
        }
        break;
    case 'd':
    case 'D':
        gotoxy(4,14);printf("Simpangan sudut persendian siku (max ± 25°) : ");
        scanf("%d",&tn2);
        if (tn2>N2 || tn2==0)
        {
            gotoxy(4,15);printf("Maaf, tidak ada dalam data ! \x07");
            getch();
            break;
        }
        break;
    default:
        gotoxy(4,14);printf("Maaf, anda salah menekan tombol ! \x07");
        getch();
        break;
}

gotoxy(2,16);printf("Persendian jari menggenggam atau merenggang :");
gotoxy(48,16);printf("H");gotoxy(50,16);printf("/");
gotoxy(51,16);printf("P");gotoxy(54,16);printf("?");
tombol3=getche();
switch(tombol3)
{
    case 'h':
    case 'H':
        gotoxy(4,17);printf("Simpangan sudut persendian jari (max ± 26°) : ");

```

```

scanf("%d",&tn3);
if (tn3>N3 || tn3==0)
{
    gotoxy(4,18);printf("Maaf, tidak ada dalam data ! \x07");
    getch();
    break;
}
break;

case 'p':
case 'P':
    gotoxy(4,17);printf("Simpangan sudut persendian jari (max ± 26°) : ");
    scanf("%d",&tn3);
    if (tn3>N3 || tn3==0)
    {
        gotoxy(4,18);printf("Maaf, tidak ada dalam data ! \x07");
        getch();
        break;
    }
    break;

default:
    gotoxy(4,17);printf("Maaf, anda salah menekan tombol ! \x07");
    getch();
    break;
}

/* Mencetak Data Vektor Posisi Sudut dan Waktu Tunda */
gotoxy(2,19);printf("Vektor posisi lengan robot : [%d°,%d°,%d°]",
    tn1,tn2,tn3);
gotoxy(2,20);printf("Vektor waktu tunda sudut : [%d,%d,%d]",
    data_tunda_sudut_1 [tn1-1],
    data_tunda_sudut_2 [tn2-1],
    data_tunda_sudut_3 [tn3-1]);

/* Proses Otomatisasi Gerakan */
gotoxy(2,22);printf("Jumlah pengulangan gerakan : ");
scanf("%d",&s);
for(n=1;n<=s;n++)
{
    /* Mengirimkan Data Vektor Posisi Sudut ke Terminal_A_PPI_8255A */
    /* Persendian Bahu - Left */
    sleep(1);
    if(tombol1=='L' || tombol1=='l')
    {
        for(x=0;x<=28;x++)
        {
            gotoxy(4,23);printf("Persendian bahu ke kiri → diproses :
                %d",x);x++;
            for(y=0;y<=data_tunda_sudut_1 [tn1-1];y++)
            {

```

```

for(set_cycle=0;set_cycle<=10;set_cycle++)
{
    data_test_motor=0x01;
    test_motor=data_test_motor;
    output(PPI_8255_PortA,test_motor);
    delay(0.25);
}
delay(0.75);
}
delay(data_tunda_sudut_1 [tn1-1]);
}

/* Menutup Semua Saluran di Port B */
data_motor_stop=0x00;
motor_stop=data_motor_stop;
output(PPI_8255_PortA,motor_stop);
}
else
{
    /* Persendian Bahu - Right */
    for(x=0;x<=28;x++)
    {
        gotoxy(4,23);printf("Persendian bahu ke kanan → diproses :
                                %d",x);x++;
        for(y=0;y<=data_tunda_sudut_1 [tn1-1];y++)
        {
            for(set_cycle=0;set_cycle<=10;set_cycle++)
            {
                data_test_motor=0x02;
                test_motor=data_test_motor;
                output(PPI_8255_PortA,test_motor);
                delay(0.25);
            }
            delay(0.75);
        }
        delay(data_tunda_sudut_1 [tn1-1]);
    }

    /* Menutup Semua Saluran di Port B */
    data_motor_stop=0x00;
    motor_stop=data_motor_stop;
    output(PPI_8255_PortA,motor_stop);
}
sleep(1);

/* Persendian Siku - Naik */
if(tombol2=='U' || tombol2=='u')
{
    for(x=0;x<=26;x++)

```

```

{
gotoxy(4,24);printf("Persendian siku ke atas → diproses :
                    %d",x);x++;
for(y=0;y<=data_tunda_sudut_2 [tn2-1];y++)
{
for(set_cycle=0;set_cycle<=10;set_cycle++)
{
data_test_motor=0x04;
test_motor=data_test_motor;
outport(PPI_8255_PortA,test_motor);
delay(0.25);
}
delay(0.75);
}
delay(data_tunda_sudut_2 [tn2-1]);
}
/* Menutup Semua Saluran di Port B */
data_motor_stop=0x00;
motor_stop=data_motor_stop;
outport(PPI_8255_PortA,motor_stop);
}
else
{
/* Persendian Siku - Turun */
for(x=0;x<=26;x++)
{
gotoxy(4,24);printf("Persendian siku ke bawah → diproses :
                    %d",x);x++;
for(y=0;y<=data_tunda_sudut_2 [tn2-1];y++)
{
for(set_cycle=0;set_cycle<=10;set_cycle++)
{
data_test_motor=0x08;
test_motor=data_test_motor;
outport(PPI_8255_PortA,test_motor);
delay(0.25);
}
delay(0.75);
}
delay(data_tunda_sudut_2 [tn2-1]);
}
}
/* Menutup Semua Saluran di Port B */
data_motor_stop=0x00;
motor_stop=data_motor_stop;
outport(PPI_8255_PortA,motor_stop);
}
sleep(1);

```

```

/* Persendian Jari Tangan - Genggam */
if(tombol3=='H' || tombol3=='h')
{
    for(x=0;x<=22;x++)
    {
        gotoxy(4,25);printf("Persendian jari menggenggam → diproses :
                               %d",x);x++;
        for(y=0;y<=data_tunda_sudut_3 [tn3-1];y++)
        {
            for(set_cycle=0;set_cycle<=10;set_cycle++)
            {
                data_test_motor=0x10;
                test_motor=data_test_motor;
                outport(PPI_8255_PortA,test_motor);
                delay(0.25);
            }
            delay(0.75);
        }
        delay(data_tunda_sudut_3 [tn3-1]);
    }
    /* Menutup Semua Saluran di Port B */
    data_motor_stop=0x00;
    motor_stop=data_motor_stop;
    outport(PPI_8255_PortA,motor_stop);
}
else
{
    /* Persendian Jari Tangan - Lepas */
    for(x=0;x<=22;x++)
    {
        gotoxy(4,25);printf("Persendian jari merenggang → diproses :
                               %d",x);x++;
        for(y=0;y<=data_tunda_sudut_3 [tn3-1];y++)
        {
            for(set_cycle=0;set_cycle<=10;set_cycle++)
            {
                data_test_motor=0x20;
                test_motor=data_test_motor;
                outport(PPI_8255_PortA,test_motor);
                delay(0.25);
            }
            delay(0.75);
        }
        delay(data_tunda_sudut_3 [tn3-1]);
    }
}

```



```

    /* Menutup Semua Saluran di Port B */
    data_motor_stop=0x00;
    motor_stop=data_motor_stop;
    outport(PPI_8255_PortA,motor_stop);
}
sleep(1);

/* Hapus Tampilan Cetak Vektor Posisi */
for(y=23;y<=26;y++) { gotoxy(2,y); clrcol(); }
sleep(1);

/* Reset Gerakan Lengan Robot */
/* Persendian Jari Tangan - Genggam */
if(tombol3=='H' || tombol3=='h')
{
    for(x=0;x<=22;x++)
    {
        gotoxy(4,23);printf("Persendian jari merenggang → diproses :
            %d",x);x++;
        for(y=0;y<=data_tunda_sudut_3 [tn3-1];y++)
        {
            for(set_cycle=0;set_cycle<=10;set_cycle++)
            {
                data_test_motor=0x20;
                test_motor=data_test_motor;
                outport(PPI_8255_PortA,test_motor);
                delay(0.25);
            }
            delay(0.75);
        }
        delay(data_tunda_sudut_3 [tn3-1]);
    }

    /* Menutup Semua Saluran di Port B */
    data_motor_stop=0x00;
    motor_stop=data_motor_stop;
    outport(PPI_8255_PortA,motor_stop);
}
else
{
    /* Persendian Jari Tangan - Lepas */
    for(x=0;x<=22;x++)
    {
        gotoxy(4,23);printf("Persendian jari menggenggam → diproses :
            %d",x);x++;
        for(y=0;y<=data_tunda_sudut_3 [tn3-1];y++)
        {
            for(set_cycle=0;set_cycle<=10;set_cycle++)

```

```

    {
        data_test_motor=0x10;
        test_motor=data_test_motor;
        outport(PPI_8255_PortA,test_motor);
        delay(0.25);
    }
    delay(0.75);
}
delay(data_tunda_sudut_3 [tn3-1]);
}

/* Menutup Semua Saluran di Port B */
data_motor_stop=0x00;
motor_stop=data_motor_stop;
outport(PPI_8255_PortA,motor_stop);
}
sleep(1);

/* Persendian Siku - Naik */
if(tombol2=='U' || tombol2=='u')
{
    for(x=0;x<=26;x++)
    {
        gotoxy(4,24);printf("Persendian siku ke bawah → diproses :
                               %d",x);x++;
        for(y=0;y<=data_tunda_sudut_2 [tn2-1];y++)
        {
            for(set_cycle=0;set_cycle<=10;set_cycle++)
            {
                data_test_motor=0x08;
                test_motor=data_test_motor;
                outport(PPI_8255_PortA,test_motor);
                delay(0.25);
            }
            delay(0.75);
        }
        delay(data_tunda_sudut_2 [tn2-1]);
    }
}

/* Menutup Semua Saluran di Port B */
data_motor_stop=0x00;
motor_stop=data_motor_stop;
outport(PPI_8255_PortA,motor_stop);
}
else
{
    /* Persendian Siku - Turun */
    for(x=0;x<=26;x++)
    {
        gotoxy(4,24);printf("Persendian siku ke atas → diproses :
                               %d",x);x++;
    }
}

```

```

for(y=0;y<=data_tunda_sudut_2 [tn2-1];y++)
{
    for(set_cycle=0;set_cycle<=10;set_cycle++)
    {
        data_test_motor=0x04;
        test_motor=data_test_motor;
        outport(PPI_8255_PortA,test_motor);
        delay(0.25);
    }
    delay(0.75);
}
delay(data_tunda_sudut_2 [tn2-1]);
}
/* Menutup Semua Saluran di Port B */
data_motor_stop=0x00;
motor_stop=data_motor_stop;
outport(PPI_8255_PortA,motor_stop);
}
sleep(1);
/* Persendian Bahu - Left */
if(tomboll=='L' || tomboll=='l')
{
    for(x=0;x<=28;x++)
    {
        gotoxy(4,25);printf("Persendian bahu ke kanan → diproses :
                                %d",x);x++;
        for(y=0;y<=data_tunda_sudut_1 [tn1-1];y++)
        {
            for(set_cycle=0;set_cycle<=10;set_cycle++)
            {
                data_test_motor=0x02;
                test_motor=data_test_motor;
                outport(PPI_8255_PortA,test_motor);
                delay(0.25);
            }
            delay(0.75);
        }
        delay(data_tunda_sudut_1 [tn1-1]);
    }
}
/* Menutup Semua Saluran di Port B */
data_motor_stop=0x00;
motor_stop=data_motor_stop;
outport(PPI_8255_PortA,motor_stop);
}
else
{

```

```

/* Persendian Bahu - Right */
for(x=0;x<=28;x++)
{
    gotoxy(4,25);printf("Persendian bahu ke kiri → diproses :
                        %d",x);x++;
    for(y=0;y<=data_tunda_sudut_1 [tn1-1];y++)
    {
        for(set_cycle=0;set_cycle<=10;set_cycle++)
        {
            data_test_motor=0x01;
            test_motor=data_test_motor;
            outport(PPI_8255_PortA,test_motor);
            delay(0.25);
        }
        delay(0.75);
    }
    delay(data_tunda_sudut_1 [tn1-1]);
}

/* Menutup Semua Saluran di Port B */
data_motor_stop=0x00;
motor_stop=data_motor_stop;
outport(PPI_8255_PortA,motor_stop);
}
sleep(1);

/* Hapus Tampilan Cetak Vektor Posisi */
for(y=23;y<=26;y++) { gotoxy(4,y); clrcol(); }
}

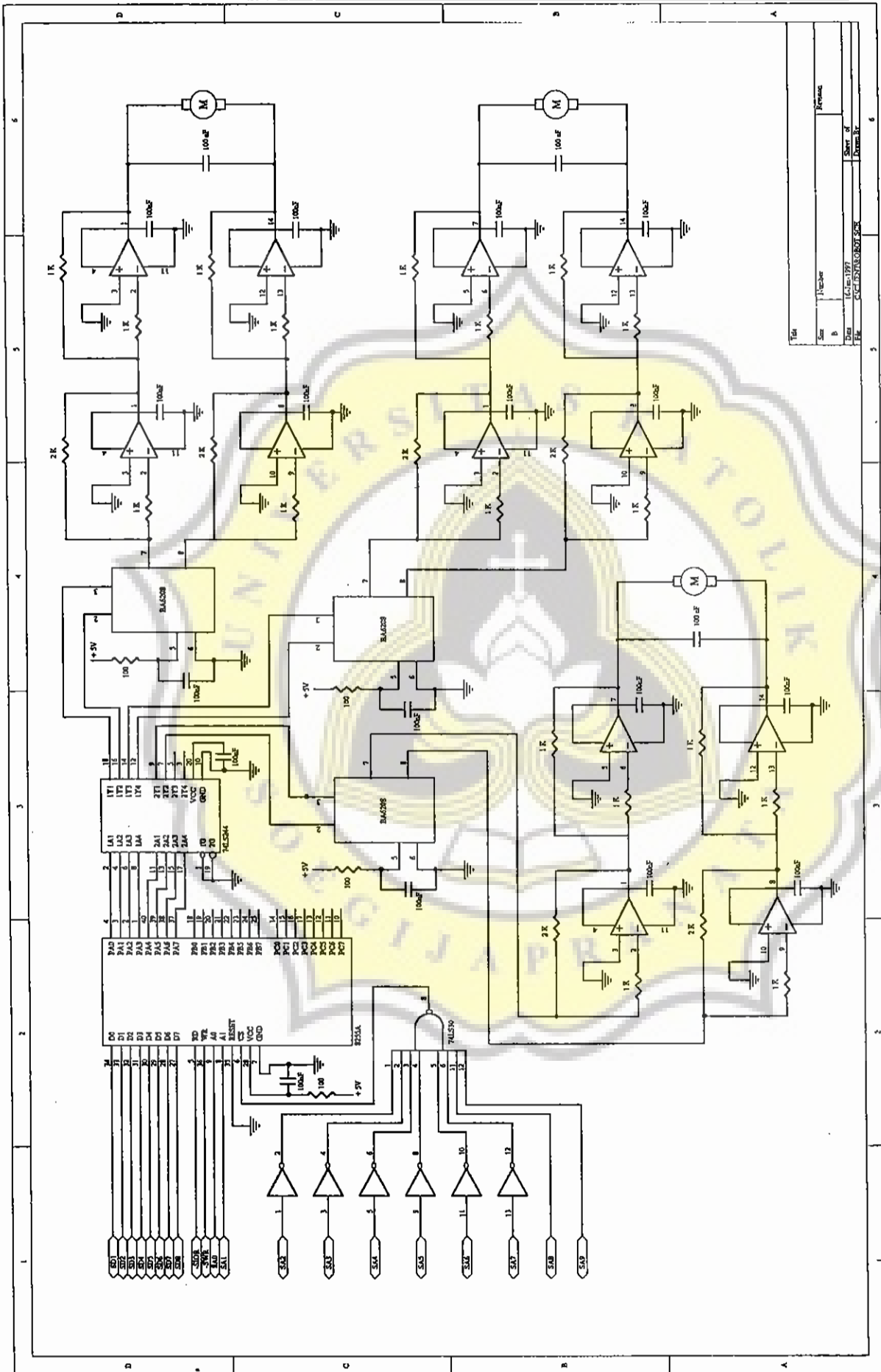
/* Posisi Akhir */
gotoxy(2,22);
printf("→ Lengan dalam vektor posisi ... tekan sembarang tombol !");
getch();for(y=1;y<=23;y++) { gotoxy(1,y); clrcol(); }
break;

case 2:
    for(y=8;y<=24;y++) { gotoxy(4,y); clrcol(); }
    gotoxy(1,8);printf("Program kendali selesai, ketik 'ROBOT' untuk mengulang.
                        Terima kasih !!!");

    break;

default:
    gotoxy(4,8);printf("Maaf, anda salah pilih. Silakan coba lagi ! \x07");
    getch(); gotoxy(3,8); clrcol();
    break;
}
} while (vektor_posisi !=2);
for(y=9;y<=24;y++) { gotoxy(1,y); clrcol(); }
}

```



Daftar Komponen :

Jenis Komponen	Nama Komponen	Jumlah
Rangkaian terpadu (IC) + soket	PPI 8255A	1
	74LS244	1
	74LS04	1
	74LS30	1
	BA6208	3
	LM324	3
Resistor (R)	1 K Ω	18
	2 K Ω	6
Kapasitor (C)	100 nF	10
Papan Sirkuit	PCB tercetak dan berlubang	1
Jumper	Kabel merah + hitam	secukupnya

Fasilitas Pendukung Utama :

Jenis Fasilitas	Nama Fasilitas	Jumlah
Komputer (Hardware)	Papan Induk (motherboard) AT 486DX4 - 100 RAM 4 MB FDD 3.25" Keyboard VGA card 256 KB dan Monitor	1 unit
Software	Turbo C versi 2.00 + MSDOS 6.22	1 disk
Robot	Simulator Lengan Robot dengan 3 buah motor dc dan pengatur gerakan lengan dengan catu batere ± 5 V	1

Penyelesaian Persamaan Orde Dua

Bentuk umum persamaan orde dua :

$$\frac{C(s)}{R(s)} = \frac{K}{s^2 / W_n^2 + (2 \cdot \beta) s / W_n + 1}$$

$$\frac{C(s)}{R(s)} = \frac{K \cdot W_n^2}{s^2 + 2 \cdot \beta \cdot W_n \cdot s + W_n^2}$$

dengan :

$$W_n = \text{frekuensi natural}$$

$$\beta = \text{faktor redaman}$$

Akar-akar karakteristik persamaan orde dua adalah :

$$S_{1,2} = \frac{-2 \cdot \beta \cdot W_n \pm \sqrt{(-2 \cdot \beta \cdot W_n)^2 - 4 \cdot W_n^2}}{2}$$

$$S_{1,2} = -W_n (\beta \pm \sqrt{W_n^2 - 1})$$

Bila :

$$\beta < 1 \rightarrow \text{Redaman kurang}$$

$$\beta = 1 \rightarrow \text{Redaman kritis}$$

$$\beta > 1 \rightarrow \text{Redaman lebih}$$

$$\beta = 0 \rightarrow \text{Tanpa redaman (osilasi)}$$

$$\frac{C(s)}{R(s)} = \frac{K \cdot W_n^2}{[s + \beta \cdot W_n - j \cdot W_n \sqrt{1 - \beta^2}] \cdot [s + \beta \cdot W_n + j \cdot W_n \sqrt{1 - \beta^2}]}$$

Bila $W_n \cdot \sqrt{1 - \beta^2} = W_d$ maka :

$$\begin{aligned} \frac{C(s)}{R(s)} &= \frac{K \cdot W_n^2}{[s + \beta \cdot W_n - j \cdot W_d] \cdot [s + \beta \cdot W_n + j \cdot W_d]} \\ &= \frac{K \cdot W_n^2}{(s + \beta \cdot W_n)^2 + W_d^2} \end{aligned}$$

Bila $R(s)$ adalah isyarat undak satuan $1/s$ maka :

$$C(s) = \frac{K \cdot W_n^2}{(s + \beta \cdot W_n)^2 + W_d^2} \cdot \frac{1}{s}$$

atau :

$$= \frac{1}{s} - \frac{s + \beta \cdot W_n}{(s + \beta \cdot W_n)^2 + W_d^2} - \frac{\beta \cdot W_n}{W_d} \frac{W_d}{(s + \beta \cdot W_n)^2 + W_d^2}$$

Transformasi Laplace balik :

$$C(t) = 1 - \exp(-\beta \cdot W_n \cdot t) \cdot \cos W_d \cdot t - \frac{\beta \cdot W_n}{W_d} \exp(-\beta \cdot W_n \cdot t) \cdot \sin W_d \cdot t$$

$$C(t) = 1 - \exp(-\beta \cdot W_n \cdot t) \cdot \cos W_d \cdot t - \frac{\beta \cdot W_n}{W_n \sqrt{1 - \beta^2}} \exp(-\beta \cdot W_n \cdot t) \cdot \sin W_d \cdot t$$

$$C(t) = 1 - \exp(-\beta \cdot W_n \cdot t) \cdot \cos W_d \cdot t - \frac{\beta}{\sqrt{1 - \beta^2}} \exp(-\beta \cdot W_n \cdot t) \cdot \sin W_d \cdot t$$

$$= 1 - \frac{\exp(-\beta \cdot W_n \cdot t)}{\sqrt{1 - \beta^2}} \cdot (\sqrt{1 - \beta^2} \cos W_d \cdot t - \beta \sin W_d \cdot t)$$

$$= 1 - \frac{\exp(-\beta \cdot W_n \cdot t)}{\sqrt{1 - \beta^2}} \cdot \sin(W_d \cdot t + \theta)$$

$$= 1 - \frac{W_n}{W_n \sqrt{1 - \beta^2}} \cdot \exp(-\beta \cdot W_n \cdot t) \cdot \sin(W_d \cdot t + \theta)$$

$$= 1 - \frac{W_n}{W_d} \cdot \exp(-\beta \cdot W_n \cdot t) \cdot \sin(W_d \cdot t + \theta)$$

$$\theta = \arctg \frac{\sqrt{1 - \beta^2}}{\beta}$$

Tanggapan Waktu Persamaan Orde Dua

Waktu naik (t_r)

$$C(t) = 1 - \frac{W_n}{W_d} \cdot \exp(-\beta \cdot W_n \cdot t) \cdot \sin(W_d \cdot t + \theta)$$

Saat $t = t_r$ berarti $C(t) = 1$ dimana $t_r =$ waktu naik

$$1 = 1 - \frac{W_n}{W_d} \cdot \exp(-\beta \cdot W_n \cdot t) \cdot \sin(W_d \cdot t + \theta)$$

atau :

$$\sin(W_d \cdot t + \theta) = 0$$

$$(W_d \cdot t + \theta) = \pi$$

$$W_d \cdot t_r = \pi - \theta$$

$$t_r = \pi - \theta / W_d$$

$$t_r = \frac{\pi - \arctan \sqrt{(1 - \beta^2)} / \beta}{W_d}$$

Waktu naik (t_p)

$$C(t) = 1 - \frac{\exp(-\beta \cdot W_n \cdot t)}{\sqrt{(1 - \beta^2)}} \cdot (\sqrt{(1 - \beta^2)} \cos W_d \cdot t - \beta \sin W_d \cdot t)$$

$$C(t) = UV$$

$$dC(t) / dt = U'V + UV'$$

Fungsi $C(t)$ akan mencapai puncak bila memenuhi keadaan $dC(t) / dt = 0$

$$U = \frac{\exp(-\beta \cdot W_n \cdot t)}{\sqrt{(1 - \beta^2)}}$$

$$U' = -\beta \cdot W_n \exp(-\beta \cdot W_n \cdot t)$$

$$V = (\sqrt{(1 - \beta^2)} \cos W_d \cdot t - \beta \sin W_d \cdot t)$$

$$V' = -\sqrt{(1 - \beta^2)} W_d \cdot \sin W_d \cdot t - \beta \cdot W_d \cdot \cos W_d \cdot t$$

$$\frac{dC(t)}{dt} = -\frac{\exp(-\beta \cdot W_n \cdot t)}{\sqrt{(1 - \beta^2)}} \{ -\beta \cdot W_n \cdot [\sqrt{(1 - \beta^2)} \cos W_d \cdot t - \beta \sin W_d \cdot t] + [\sqrt{(1 - \beta^2)} \cdot W_d \sin W_d \cdot t - \beta \cdot W_d \cos W_d \cdot t] \}$$

$$\frac{dC(t)}{dt} = -\frac{\exp(-\beta \cdot W_n \cdot t)}{\sqrt{(1 - \beta^2)}} \{ [-\beta^2 \cdot W_n \cdot \sin W_d \cdot t - \beta \cdot W_n \cdot \sqrt{(1 - \beta^2)} \cos W_d \cdot t] - [\sqrt{(1 - \beta^2)} \cdot W_d \sin W_d \cdot t + \beta \cdot W_d \cos W_d \cdot t] \}$$

$$\frac{dC(t)}{dt} = -\frac{\exp(-\beta \cdot W_n \cdot t)}{\sqrt{(1 - \beta^2)}} \{ \beta^2 \cdot W_n \cdot \sin W_d \cdot t - W_d \cdot \sqrt{(1 - \beta^2)} \sin W_d \cdot t - \beta \cdot W_n \cdot \sqrt{(1 - \beta^2)} \cos W_d \cdot t + \beta \cdot W_d \cos W_d \cdot t \}$$

$$0 = - \frac{\exp(-\beta.W_n.t)}{\sqrt{(1-\beta^2)}} \{ \beta^2.W_n.\sin W_d.t - W_d.\sqrt{(1-\beta^2)}\sin W_d.t \\ - \beta.W_d \cos W_d.t + \beta.W_d \cos W_d.t \}$$

$$0 = - \frac{\exp(-\beta.W_n.t)}{\sqrt{(1-\beta^2)}} \{ \beta^2.W_d/\sqrt{(1-\beta^2)}.\sin W_d.t - W_d.\sqrt{(1-\beta^2)}\sin W_d.t \}$$

$$0 = - \frac{\exp(-\beta.W_n.t)}{\sqrt{(1-\beta^2)}} \{ \beta^2/\sqrt{(1-\beta^2)} - \sqrt{(1-\beta^2)} \} W_d \sin W_d.t$$

$$0 = - \frac{\exp(-\beta.W_n.t)}{\sqrt{(1-\beta^2)}} \cdot \left\{ \frac{\beta^2 + (1-\beta^2)}{\sqrt{(1-\beta^2)}} \cdot W_d \right\} \sin W_d.t$$

$$0 = - \frac{\exp(-\beta.W_n.t)}{1-\beta^2} [\beta^2 + (1-\beta^2)W_d] \cdot \sin W_d.t$$

Dengan syarat puncak adalah $\sin W_d.t = 0$ atau $W_d.t = \pi$; maka waktu untuk mencapai puncak adalah :

$$t_p = \pi/W_d$$

Untuk nilai fungsi $C(t)$ pada saat $t = t_p$ adalah :

$$C(t) = 1 - \frac{\exp-\beta.W_n.t}{\sqrt{(1-\beta^2)}} \cdot \{ -\beta.\sin W_d.t + \sqrt{(1-\beta^2)}\cos W_d.t \}$$

$$C(t) = 1 - \frac{\exp-\beta.W_n.(\pi/W_d)}{\sqrt{(1-\beta^2)}} \cdot \{ -\beta.\sin W_d.(\pi/W_d) + \sqrt{(1-\beta^2)}\cos W_d.(\pi/W_d) \}$$

$$C(t) = 1 - \frac{\exp-\beta.W_n.(\pi/W_d)}{\sqrt{(1-\beta^2)}} \cdot \{ -\beta.\sin \pi + \sqrt{(1-\beta^2)}\cos \pi \}$$

$$C(t) = 1 - \frac{\exp-\beta.W_n.(\pi/W_d)}{\sqrt{(1-\beta^2)}} \cdot \{ -\beta.(1) + \sqrt{(1-\beta^2)}(-1) \}$$

$$C(t) = 1 + \frac{\exp-\beta.W_n.(\pi/W_d)}{\sqrt{(1-\beta^2)}} \cdot \sqrt{(1-\beta^2)}$$

$$C(t) = 1 + \exp-\beta.W_n.(\pi/W_d)$$

$$C(t) = 1 + \exp -\beta \cdot W_n \cdot [\pi / W_n \sqrt{(1 - \beta^2)}]$$

$$C(t) = 1 + \exp -\beta / \sqrt{(1 - \beta^2)} \pi$$

$$C(t) = 1 + \exp -\beta \pi / \sqrt{(1 - \beta^2)}$$

Jadi lewatan maksimum (M_p) adalah $\exp -\beta \pi / \sqrt{(1 - \beta^2)}$

