



Nama: **Bilhaq Avi Dewantara (120140141)**
Mata Kuliah: **Sistem Operasi (IF2223)**

Tugas Ke: **02**
Tanggal: 11/04/2022

1 Tujuan Hands On 2

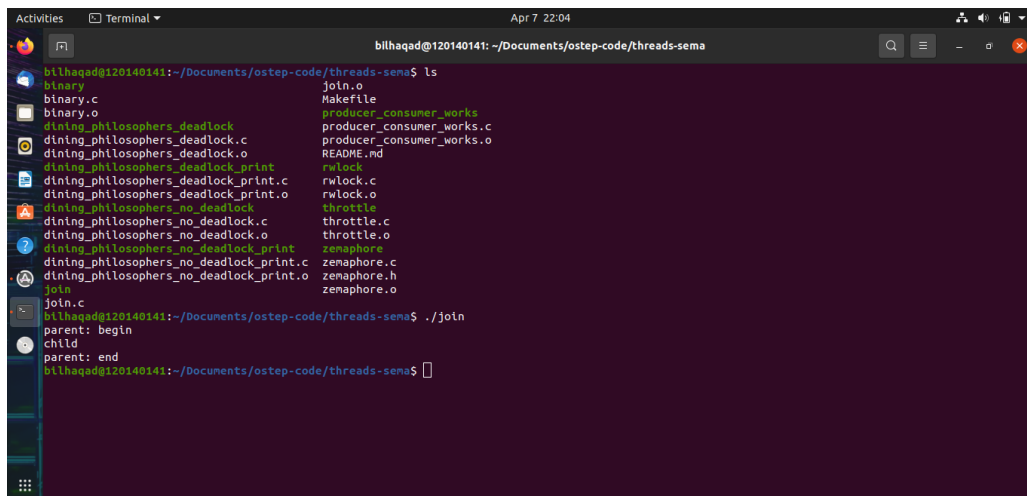
Tujuan adanya Hands On kedua adalah untuk memahami bagaimana sistem bersinkronisasi dan permasalahan yang ada, serta juga memahami solusinya saat menjalankan critical section. Adapun beberapa implementasi yang diharuskan untuk dipahami pada Hands On kedua ini antara lain : *join* menggunakan semaphores, *Binary Semaphores*, *Produces Consumer*, *Reader/Writer Locks*, dan *Dining Philosophers*.

2 Fork/Join

2.1 Source Code

```
1  #include <stdio.h>
2  #include <stdlib.h>
3  #include <pthread.h>
4  #include <unistd.h>
5
6  #include "common.h"
7  #include "common_threads.h"
8
9  #ifdef linux
10 #include <semaphore.h>
11 #elif __APPLE__
12 #include "zemaphore.h"
13 #endif
14
15 sem_t s;
16
17 void *child(void *arg) {
18     sleep(2);
19     printf("child\n");
20     Sem_post(&s); // signal here: child is done
21     return NULL;
22 }
23
24 int main(int argc, char *argv[]) {
25     Sem_init(&s, 0);
26     printf("parent: begin\n");
27     pthread_t c;
28     Pthread_create(&c, NULL, child, NULL);
29     Sem_wait(&s); // wait here for child
30     printf("parent: end\n");
31     return 0;
32 }
33
```

2.2 Output



```

bilhaqad@120140141: ~/Documents/ostep-code/threads-sema$ ls
binary                               join.o
binary.c                             Makefile
binary.o                             producer_consumer_works
dining_philosophers_deadlock         producer_consumer_works.c
dining_philosophers_deadlock.c       producer_consumer_works.o
dining_philosophers_deadlock.o       README.md
dining_philosophers_deadlock_print  rwlock
dining_philosophers_deadlock_print.c rwlock.c
dining_philosophers_deadlock_print.o rwlock.o
dining_philosophers_no_deadlock      throttle
dining_philosophers_no_deadlock.c    throttle.c
dining_philosophers_no_deadlock.o    throttle.o
dining_philosophers_no_deadlock_print semaphore
dining_philosophers_no_deadlock_print.c semaphore.c
dining_philosophers_no_deadlock_print.o semaphore.h
join                                  semaphore.o
join.c
bilhaqad@120140141: ~/Documents/ostep-code/threads-sema$ ./join
parent: begin
child: end
parent: end
bilhaqad@120140141: ~/Documents/ostep-code/threads-sema$

```

Gambar 1: *Fork/Join*

2.3 Penjelasan Fork/Join

Semaphore merupakan sebuah struktur data komputer yang berguna dalam sinkronisasi proses dan berfungsi dalam memerintah program agar menjalankan proses. Sebagai contohnya adalah saat suatu *thread* sedang menunggu *list* supaya *list* tersebut berisi atau tidak keadaan kosong. Dari kondisi tersebut, semaphore tadi akan di definisikan dan di inisiasi menjadi 0 oleh *Sem init*. Maksud dari proses tersebut ialah semaphore akan dibagi antara *threads* pada proses yang sama. Kemudian apabila pembuatan *thread* sudah selesai akan dilanjutkan pemanggilan fungsi *child* semaphore yang akan melakukan sinyal bahwa proses *child* sudah selesai dan mulai me-*return*. Apabila *child* sudah selesai, maka semaphore akan melanjutkannya dan mengeluarkan output "parent : end".

Pada implementasinya, terdapat fungsi *Sem wait* dan *Sem post* yang digunakan dalam menunggu kondisi *child* dari *parent* selesai eksekusi. pada kode tersebut terlihat bahwa *value* semaphore harus diubah menjadi 0 karena apabila kondisi tersebut tidak dilakukan akan membuat *parent* memanggil fungsi *Sem wait* duluan sebelum *child* selesai memanggil fungsi *Sem post*. Dan dari situ, dapat diketahui bila *value* semaphore lebih dari 0 akan melakukan pengurangan untuk melakukan *sleeps* selama 2 detik. Apabila *value* semaphore sama dengan 0, maka program mulai menjalankan *parent* dan selesai.

3 Binary Semaphores

3.1 Source Code

```

1  #include <stdio.h>
2  #include <stdlib.h>
3  #include <pthread.h>
4  #include <unistd.h>
5
6  #include "common.h"
7  #include "common_threads.h"
8
9  #ifdef linux
10 #include <semaphore.h>
11 #elif __APPLE__
12 #include "z semaphore.h"

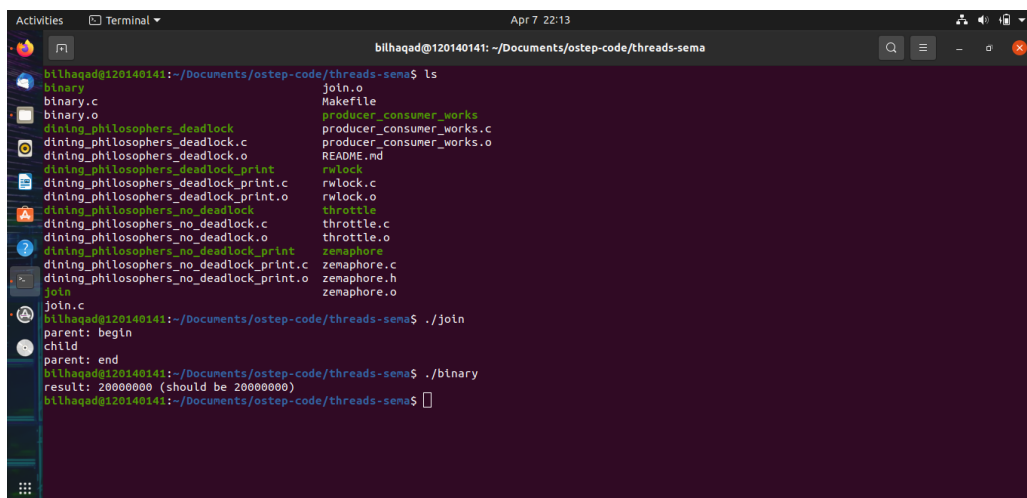
```

```

13 #endif
14
15 sem_t mutex;
16 volatile int counter = 0;
17
18 void *child(void *arg) {
19     int i;
20     for (i = 0; i < 10000000; i++) {
21         Sem_wait(&mutex);
22         counter++;
23         Sem_post(&mutex);
24     }
25     return NULL;
26 }
27
28 int main(int argc, char *argv[]) {
29     Sem_init(&mutex, 1);
30     pthread_t c1, c2;
31     Pthread_create(&c1, NULL, child, NULL);
32     Pthread_create(&c2, NULL, child, NULL);
33     Pthread_join(c1, NULL);
34     Pthread_join(c2, NULL);
35     printf("result: %d (should be 20000000)\n", counter);
36     return 0;
37 }

```

3.2 Output



```

Activities Terminal Apr 7 22:13
bilhaqad@120140141: ~/Documents/ostep-code/threads-sema
bilhaqad@120140141:~/Documents/ostep-code/threads-sema$ ls
binary          join.o
binary.c        Makefile
binary.o        producer_consumer_works
dining_philosophers_deadlock.c  producer_consumer_works.c
dining_philosophers_deadlock.o  producer_consumer_works.o
dining_philosophers_no_deadlock  README.md
dining_philosophers_no_deadlock.o  rwlock
dining_philosophers_no_deadlock_print  rwlock.c
dining_philosophers_no_deadlock_print.c  rwlock.o
dining_philosophers_no_deadlock_print.o  throttle
dining_philosophers_no_deadlock_print.o  throttle.c
dining_philosophers_no_deadlock_print.o  throttle.o
dining_philosophers_no_deadlock_print.o  zenaphore
dining_philosophers_no_deadlock_print.o  zenaphore.c
dining_philosophers_no_deadlock_print.o  zenaphore.h
dining_philosophers_no_deadlock_print.o  zenaphore.o
join
join.c
bilhaqad@120140141:~/Documents/ostep-code/threads-sema$ ./join
parent: begin
child
parent: end
bilhaqad@120140141:~/Documents/ostep-code/threads-sema$ ./binary
result: 20000000 (should be 20000000)
bilhaqad@120140141:~/Documents/ostep-code/threads-sema$

```

Gambar 2: Binary Semaphores

3.3 Penjelasan Binary Semaphores

Pada potongan kode di atas terdapat variabel *Sem t mutex* atau bisa disebut dengan *mutual exclusion* yang berfungsi dalam mengatur penggunaan *resource*. *mutex* tersebut ada agar mencegah sebuah *race condition*. Pada awalnya kita mendefinisikan dan menginisialisasikan semaphore *mutex* tersebut dengan *value* sebesar 1, kemudian dibuatlah *thread* berinisial *c1* dan *c2* yang mana berguna dalam menjalankan fungsi *child*. Selanjutnya, *i* akan di inisiasi pada perulangan sampai nilai *i* kurang dari 10000000 yang mana akan menjalankan *Sem wait* dan di saat itu juga *value* akan berkurang dan mulailah terjadi *critical section*, akan ada penambahan nilai *counter* yang kemudian semaphore memproses *calling* dengan menambah *value* dari semaphore

tersebut sebagai tanda *critical section* sudah selesai. Berikutnya, program akan mengulangi proses tersebut hingga syarat telah tercapai yang kemudian akan dilanjutkan oleh *thread c2* melakukan fungsi *child*. Bila sudah selesai, maka akan memulai *return* ke fungsi *main* yang akan menampilkan hasil dari *counter* yang telah dijalankan dengan menampilkan *output* senilai 20000000.

4 Producer/Consumer

4.1 Source Code

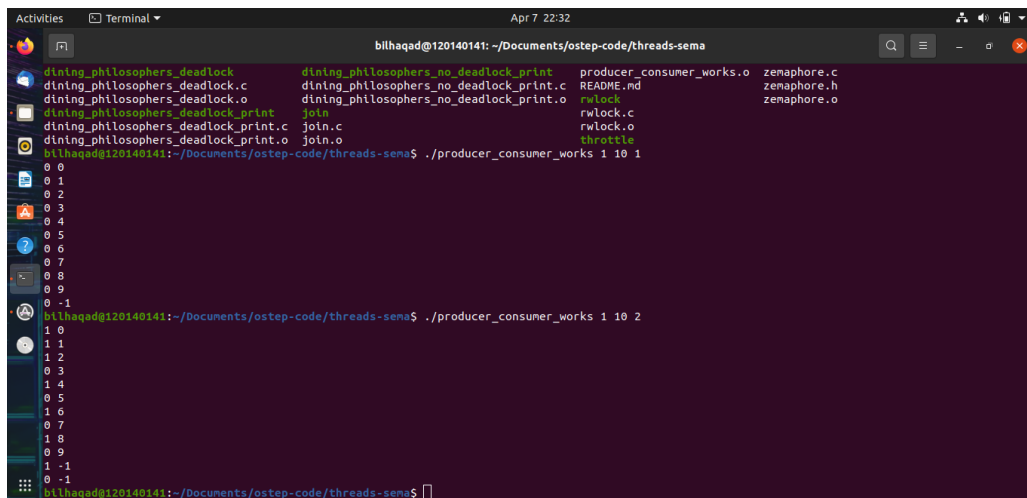
```
1  #include <stdio.h>
2  #include <unistd.h>
3  #include <assert.h>
4  #include <pthread.h>
5  #include <stdlib.h>
6
7  #include "common.h"
8  #include "common_threads.h"
9
10 #ifdef linux
11 #include <semaphore.h>
12 #elif __APPLE__
13 #include "zemaphore.h"
14 #endif
15
16 int max;
17 int loops;
18 int *buffer;
19
20 int use = 0;
21 int fill = 0;
22
23 sem_t empty;
24 sem_t full;
25 sem_t mutex;
26
27 #define CMAX (10)
28 int consumers = 1;
29
30 void do_fill(int value) {
31     buffer[fill] = value;
32     fill++;
33     if (fill == max)
34         fill = 0;
35 }
36
37 int do_get() {
38     int tmp = buffer[use];
39     use++;
40     if (use == max)
41         use = 0;
42     return tmp;
43 }
44
45 void *producer(void *arg) {
46     int i;
47     for (i = 0; i < loops; i++) {
48         Sem_wait(&empty);
49         Sem_wait(&mutex);
50         do_fill(i);
51         Sem_post(&mutex);
```

```

52 Sem_post(&full);
53 }
54
55 // end case
56 for (i = 0; i < consumers; i++) {
57 Sem_wait(&empty);
58 Sem_wait(&mutex);
59 do_fill(-1);
60 Sem_post(&mutex);
61 Sem_post(&full);
62 }
63
64 return NULL;
65 }
66
67 void *consumer(void *arg) {
68 int tmp = 0;
69 while (tmp != -1) {
70 Sem_wait(&full);
71 Sem_wait(&mutex);
72 tmp = do_get();
73 Sem_post(&mutex);
74 Sem_post(&empty);
75 printf("%lld %d\n", (long long int) arg, tmp);
76 }
77 return NULL;
78 }
79
80 int main(int argc, char *argv[]) {
81 if (argc != 4) {
82 fprintf(stderr, "usage: %s <buffer size> <loops> <consumers>\n", argv[0]);
83 exit(1);
84 }
85 max = atoi(argv[1]);
86 loops = atoi(argv[2]);
87 consumers = atoi(argv[3]);
88 assert(consumers <= CMAX);
89
90 buffer = (int *) malloc(max * sizeof(int));
91 assert(buffer != NULL);
92 int i;
93 for (i = 0; i < max; i++) {
94 buffer[i] = 0;
95 }
96
97 Sem_init(&empty, max); // max are empty
98 Sem_init(&full, 0); // 0 are full
99 Sem_init(&mutex, 1); // mutex
100
101 pthread_t pid, cid[CMAX];
102 Pthread_create(&pid, NULL, producer, NULL);
103 for (i = 0; i < consumers; i++) {
104 Pthread_create(&cid[i], NULL, consumer, (void *) (long long int) i);
105 }
106 Pthread_join(pid, NULL);
107 for (i = 0; i < consumers; i++) {
108 Pthread_join(cid[i], NULL);
109 }
110 return 0;
111 }

```

4.2 Output



```

Activities Terminal Apr 7 22:32
bilhaqad@120140141: ~/Documents/ostep-code/threads-sema
dining_philosophers_deadlock dining_philosophers_no_deadlock_print producer_consumer_works.o semaphore.c
dining_philosophers_deadlock.c dining_philosophers_no_deadlock_print.c README.md semaphore.h
dining_philosophers_deadlock.o dining_philosophers_no_deadlock_print.o rwlock.c semaphore.o
dining_philosophers_deadlock_print join.c rwlock.c
dining_philosophers_deadlock_print.c join.o rwlock.o
dining_philosophers_deadlock_print.o join.o Throttle
bilhaqad@120140141: ~/Documents/ostep-code/threads-sema$ ./producer_consumer_works 1 10 1
0 0
0 1
0 2
0 3
0 4
0 5
0 6
0 7
0 8
0 9
0 -1
bilhaqad@120140141: ~/Documents/ostep-code/threads-sema$ ./producer_consumer_works 1 10 2
1 0
1 1
1 2
0 3
1 4
1 5
0 7
1 8
0 9
1 -1
0 -1
bilhaqad@120140141: ~/Documents/ostep-code/threads-sema$

```

Gambar 3: *Producer/Consumer*

4.3 Penjelasan *Producer/Consumer*

Pada program implementasi *Producer/Consumer* ini bisa kita sebut dengan *bounded buffer*. Isi program tersebut ialah memanggil, mengurangi, menghalangi konsumen, dan menunggu *thread* lain agar dapat memanggil *Sem post* saat terjadi *full*. Selanjutnya, program akan memulai fungsi *procedure* yang berguna dalam memanggil *Sem wait(empty)* dan *Sem post(mutex)*. Pada fungsi *procedur* juga menjalankan terus sampai *empty* tadi menjadi *max*. *Producer* akan melakukan pengisian dengan fungsi *do fill* di *entry* pertama *buffer* setelah *empty* berkurang hingga mencapai nilai 0. Berikutnya, *producer* akan terus berjalan sampai suatu saat nanti memanggil *Sem post(mutex)* dan *Sem post(full)* yang mana akan mengganti nilai *value full* dari nilai -1 menjadi 0. Sehingga, *Consumer* akan melakukan fungsi *looping* ulang dan memblok dengan *value empty* semaphore bernilai kosong.

Apabila terjadi kondisi saat *producer interrupted*, maka fungsi *Consumer* mulai berjalan dengan kembalinya dari saat *Sem wait(full)*, lalu akan memakai *buffer* oleh berjalannya fungsi *do get*. Kondisi dua *producer* akan *interrupted* apabila keduanya menjalankan fungsi *do fill* pada waktu yang sama. Kondisi *interrupted* juga terjadi jika *producer* yang ke-1 mengisi *entry buffer* pertama kali, saat belum selesai dalam kesempatan mengisinya, maka *producer* ke-1 akan ter-*interrupted*. Pada saat itulah *producer* ke-2 menjalankan fungsi *do fill* yang mana memasukkan elemen ke *buffer*, kondisi tersebut berarti bahwa data lama akan terganti dengan yang baru. Oleh sebab itu, dibutuhkannya *binary semaphore* dan ditambahnya *locks* agar menghindarinya *deadlock*. Dari situ, *consumer* menjalankan yang pertama dengan memanggil *Sem wait(full)* akibat belum terdapatnya data. Dengan adanya pemanggilan tersebut, *consumer* akan melakukan blok, selanjutnya *producer* berjalan yang mana akan memulai *consumer thread* dan memanggil *Sem wait(mutex)* dengan *producer* yang mengalami buntu atau *stuck*. Pada program di atas terdapat juga *cycle* yang simpel, *consumer* menahan *mutex* agar menunggu untuk diberikan sinyal *full*. Faktanya *producer* bisa saja memanggil sinyal *full*, tetapi tetap menunggu hingga *consumer* dan *producer* mengalami *deadlock*. Oleh karena itu, dibutuhkannya pengurangan *lock* dengan memindahkan *mutex* dan melepaskannya pada sekitar *critical section* akan menghasilkan *working bounded buffer*.

5 Reader/Writer Locks

5.1 Source Code

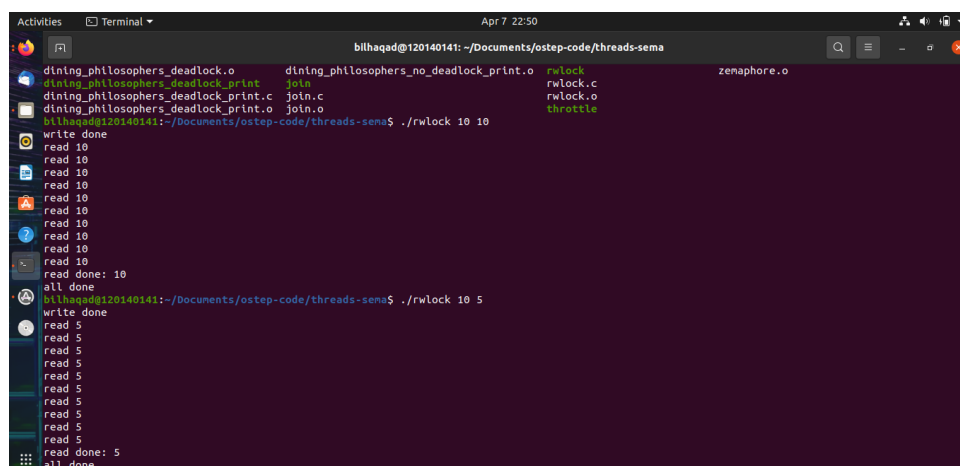
```
1  #include <stdio.h>
2  #include <stdlib.h>
3  #include <pthread.h>
4  #include <unistd.h>
5
6  #include "common.h"
7  #include "common_threads.h"
8
9  #ifdef linux
10 #include <semaphore.h>
11 #elif __APPLE__
12 #include "zemaphore.h"
13 #endif
14
15 typedef struct _rwlock_t {
16     sem_t writelock;
17     sem_t lock;
18     int readers;
19 } rwlock_t;
20
21 void rwlock_init(rwlock_t *lock) {
22     lock->readers = 0;
23     Sem_init(&lock->lock, 1);
24     Sem_init(&lock->writelock, 1);
25 }
26
27 void rwlock_acquire_readlock(rwlock_t *lock) {
28     Sem_wait(&lock->lock);
29     lock->readers++;
30     if (lock->readers == 1)
31         Sem_wait(&lock->writelock);
32     Sem_post(&lock->lock);
33 }
34
35 void rwlock_release_readlock(rwlock_t *lock) {
36     Sem_wait(&lock->lock);
37     lock->readers--;
38     if (lock->readers == 0)
39         Sem_post(&lock->writelock);
40     Sem_post(&lock->lock);
41 }
42
43 void rwlock_acquire_writelock(rwlock_t *lock) {
44     Sem_wait(&lock->writelock);
45 }
46
47 void rwlock_release_writelock(rwlock_t *lock) {
48     Sem_post(&lock->writelock);
49 }
50
51 int read_loops;
52 int write_loops;
53 int counter = 0;
54
55 rwlock_t mutex;
56
57 void *reader(void *arg) {
58     int i;
```

```

59 int local = 0;
60 for (i = 0; i < read_loops; i++) {
61     rwlock_acquire_readlock(&mutex);
62     local = counter;
63     rwlock_release_readlock(&mutex);
64     printf("read %d\n", local);
65 }
66 printf("read done: %d\n", local);
67 return NULL;
68 }
69
70 void *writer(void *arg) {
71     int i;
72     for (i = 0; i < write_loops; i++) {
73         rwlock_acquire_writelock(&mutex);
74         counter++;
75         rwlock_release_writelock(&mutex);
76     }
77     printf("write done\n");
78     return NULL;
79 }
80
81 int main(int argc, char *argv[]) {
82     if (argc != 3) {
83         fprintf(stderr, "usage: rwlock readloops writeloops\n");
84         exit(1);
85     }
86     read_loops = atoi(argv[1]);
87     write_loops = atoi(argv[2]);
88
89     rwlock_init(&mutex);
90     pthread_t c1, c2;
91     Pthread_create(&c1, NULL, reader, NULL);
92     Pthread_create(&c2, NULL, writer, NULL);
93     Pthread_join(c1, NULL);
94     Pthread_join(c2, NULL);
95     printf("all done\n");
96     return 0;
97 }

```

5.2 Output



Gambar 4: *Reader/Writer Locks*

5.3 Penjelasan Reader/Writer Locks

Pada program implementasi *Reader/Writer Locks*, dapat dilihat bahwa terdapat *classic problem* dari *flexible locking primitive* yang menunjukkan bahwa akses struktur data berbeda perlu dibutuhkannya kunci spesial yang dibuat sebagai pembantu tipe operasi seperti *reader/writer locks*. Apabila suatu saat *thread* memperbarui struktur datanya agar dapat memanggil pasangan operasi sinkronisasi *rwlock acquire writelock* yang mana berfungsi dalam mendapatkan *write lock* dan *rwlock release writelock* untuk melepaskannya. Secara umumnya, semaphore *writelock* untuk memastikan hanya satu *writer* saja yang mendapatkan *lock* dan memperbarui struktur datanya dengan masuknya ke *critical section*.

Kondisi ketika *lock* didapatkan, *reader* yang pertama akan mendapatkan *lock* tersebut dan mulai menambahkan variabel pembaca agar dapat melacak berapa pembaca yang ada saat ini pada struktur data. Perlu diperhatikan bahwa *rwlock acquire readlock* terjadi saat pembaca ke-1 mendapatkan *lock* dan *writelock* dengan memanggil *Sem wait* pada saat semaphore *writelock* yang akan dilepaskan *lock*-nya saat memanggil *Sem post*.

Selanjutnya, saat semua *threads* diharapkan mendapatkan *writelock* wajib menunggu sampai semua *reader* telah selesai dijalankan. Saat urutan terakhir keluar dari *critical section*, akan memanggil *Sem post* pada *writelock* dan mulai mengaktifkannya *writer* dengan menunggu dapatnya *lock*. Pada akhirnya, pencatatan *readwriter locks* wajib dilakukan secara hati-hati karena hal tersebut akan menambahkan *overhead* dan tidak menambah performa yang berguna sebagai komparansi di *simple* dan *fast locking primitive*.

6 Dining Philosophers

6.1 Deadlock

6.1.1 Source Code

```

1  #include <stdio.h>
2  #include <stdlib.h>
3  #include <pthread.h>
4
5  #include "common.h"
6  #include "common_threads.h"
7
8  #ifdef linux
9  #include <semaphore.h>
10 #elif __APPLE__
11 #include "semaphore.h"
12 #endif
13
14 typedef struct {
15     int num_loops;
16     int thread_id;
17 } arg_t;
18
19 sem_t forks[5];
20 sem_t print_lock;
21
22 void space(int s) {
23     Sem_wait(&print_lock);
24     int i;
25     for (i = 0; i < s * 10; i++)
26         printf(" ");
27 }
28
29 void space_end() {
30     Sem_post(&print_lock);
31 }
```

```
32
33 int left(int p) {
34     return p;
35 }
36
37 int right(int p) {
38     return (p + 1) % 5;
39 }
40
41 void get_forks(int p) {
42     space(p); printf("%d: try %d\n", p, left(p)); space_end();
43     Sem_wait(&forks[left(p)]);
44     space(p); printf("%d: try %d\n", p, right(p)); space_end();
45     Sem_wait(&forks[right(p)]);
46 }
47
48 void put_forks(int p) {
49     Sem_post(&forks[left(p)]);
50     Sem_post(&forks[right(p)]);
51 }
52
53 void think() {
54     return;
55 }
56
57 void eat() {
58     return;
59 }
60
61 void *philosopher(void *arg) {
62     arg_t *args = (arg_t *) arg;
63
64     space(args->thread_id); printf("%d: start\n", args->thread_id); space_end();
65
66     int i;
67     for (i = 0; i < args->num_loops; i++) {
68         space(args->thread_id); printf("%d: think\n", args->thread_id); space_end();
69         think();
70         get_forks(args->thread_id);
71         space(args->thread_id); printf("%d: eat\n", args->thread_id); space_end();
72         eat();
73         put_forks(args->thread_id);
74         space(args->thread_id); printf("%d: done\n", args->thread_id); space_end();
75     }
76     return NULL;
77 }
78
79 int main(int argc, char *argv[]) {
80     if (argc != 2) {
81         fprintf(stderr, "usage: dining_philosophers <num_loops>\n");
82         exit(1);
83     }
84     printf("dining: started\n");
85
86     int i;
87     for (i = 0; i < 5; i++)
88         Sem_init(&forks[i], 1);
89     Sem_init(&print_lock, 1);
90
91     pthread_t p[5];
92     arg_t a[5];
93     for (i = 0; i < 5; i++) {
```

```

94  a[i].num_loops = atoi(argv[1]);
95  a[i].thread_id = i;
96  Pthread_create(&p[i], NULL, philosopher, &a[i]);
97  }
98
99  for (i = 0; i < 5; i++)
100  Pthread_join(p[i], NULL);
101
102  printf("dining: finished\n");
103  return 0;
104  }

```

6.1.2 Output

```

Activities Terminal Apr 7 22:33
bilhaqad@120140141: ~/Documents/ostep-code/threads-sema
bilhaqad@120140141:~/Documents/ostep-code/threads-sema$ ./dining_philosophers_deadlock 2
dining: started
dining: finished
bilhaqad@120140141:~/Documents/ostep-code/threads-sema$ ./dining_philosophers_deadlock_print 2
dining: started
                2: start
                2: think
                2: try 2
                2: try 3
                2: eat
                2: done
0: start
0: think
0: try 0
0: try 1
0: eat
0: done
0: think
0: try 0
0: try 1
0: eat
0: done
1: start
1: think
1: try 1
1: try 2
1: eat
1: done
1: think
1: try 1
                2: think
                2: try 2

Activities Terminal Apr 7 22:34
bilhaqad@120140141: ~/Documents/ostep-code/threads-sema
                2: think
                2: try 2
                2: try 3
                2: eat
                2: done
1: try 2
1: eat
1: done
3: start
3: think
3: try 3
3: try 4
3: eat
3: done
3: think
3: try 3
3: try 4
3: eat
3: done
4: start
4: think
4: try 4
4: try 0
4: eat
4: done
4: think
4: try 4
4: try 0
4: eat
4: done
dining: finished
bilhaqad@120140141:~/Documents/ostep-code/threads-sema$

```

6.1.3 Penjelasan Dining Philosophers Deadlock

Pada implementasi program *Dining Philosopher Deadlock* mempunyai cerita yang menarik dibelakangnya. Terdapat suatu masalah konkurensi yang dulu terkenal yang hanya diselesaikan oleh djikstra, masalah tersebut terkenal karena seru dan menarik secara intelektual yaitu dengan nama *Philosopher problem*. Kondisinya ketika 5 *philosopher* yang duduk mengelilingi meja bundar terdapat sepasang *philosopher single fork* yang mana untuk memulai makan dibutuhkan sepasang *forks* satu di sebelah kanan dan satu di sebelah kiri. Dengan adanya solusi oleh Downey, diperlukannya beberapa fungsi bantu yang disebut *left* dan *right*.

Kondisi ketika *philosopher P* diminta agar merujuk ke *fork* kiri akan memulai memanggil fungsi *left*, dan sebaliknya jika diminta merujuk ke *fork* kanan akan memanggil fungsi *right*. Terdapat *modulo* yang mana menangani satu persoalan yaitu *philosopher* akhir dengan *P* sama dengan 4 mengambil *fork* bagian kanan saat *fork* bernilai kosong.

6.2 No Deadlock

6.2.1 Source Code

```

1  #include <stdio.h>
2  #include <stdlib.h>
3  #include <pthread.h>
4
5  #include "common.h"
6  #include "common_threads.h"
7
8  #ifdef linux
9  #include <semaphore.h>
10 #elif __APPLE__
11 #include "zemaphore.h"
12 #endif
13
14 typedef struct {
15     int num_loops;
16     int thread_id;
17 } arg_t;
18
19 sem_t forks[5];
20 sem_t print_lock;
21
22 void space(int s) {
23     Sem_wait(&print_lock);
24     int i;
25     for (i = 0; i < s * 10; i++)
26         printf(" ");
27 }
28
29 void space_end() {
30     Sem_post(&print_lock);
31 }
32
33 int left(int p) {
34     return p;
35 }
36
37 int right(int p) {
38     return (p + 1) % 5;
39 }
40
41 void get_forks(int p) {
42     if (p == 4) {
43         space(p); printf("4 try %d\n", right(p)); space_end();
44         Sem_wait(&forks[right(p)]);
45         space(p); printf("4 try %d\n", left(p)); space_end();
46         Sem_wait(&forks[left(p)]);
47     } else {
48         space(p); printf("try %d\n", left(p)); space_end();
49         Sem_wait(&forks[left(p)]);
50         space(p); printf("try %d\n", right(p)); space_end();
51         Sem_wait(&forks[right(p)]);
52     }

```

```
53 }
54
55 void put_forks(int p) {
56     Sem_post(&forks[left(p)]);
57     Sem_post(&forks[right(p)]);
58 }
59
60 void think() {
61     return;
62 }
63
64 void eat() {
65     return;
66 }
67
68 void *philosopher(void *arg) {
69     arg_t *args = (arg_t *) arg;
70
71     space(args->thread_id); printf("%d: start\n", args->thread_id); space_end();
72
73     int i;
74     for (i = 0; i < args->num_loops; i++) {
75         space(args->thread_id); printf("%d: think\n", args->thread_id); space_end();
76         think();
77         get_forks(args->thread_id);
78         space(args->thread_id); printf("%d: eat\n", args->thread_id); space_end();
79         eat();
80         put_forks(args->thread_id);
81         space(args->thread_id); printf("%d: done\n", args->thread_id); space_end();
82     }
83     return NULL;
84 }
85
86 int main(int argc, char *argv[]) {
87     if (argc != 2) {
88         fprintf(stderr, "usage: dining_philosophers <num_loops>\n");
89         exit(1);
90     }
91     printf("dining: started\n");
92
93     int i;
94     for (i = 0; i < 5; i++)
95         Sem_init(&forks[i], 1);
96     Sem_init(&print_lock, 1);
97
98     pthread_t p[5];
99     arg_t a[5];
100     for (i = 0; i < 5; i++) {
101         a[i].num_loops = atoi(argv[1]);
102         a[i].thread_id = i;
103         Pthread_create(&p[i], NULL, philosopher, &a[i]);
104     }
105
106     for (i = 0; i < 5; i++)
107         Pthread_join(p[i], NULL);
108
109     printf("dining: finished\n");
110     return 0;
111 }
```


7 Kesimpulan

Pada Hands On 2 ini, yang saya dapatkan setelah mengerjakannya ialah saya dapat mengerti lebih dalam dengan materi *Synchronisation and Deadlock* dengan adanya pemberian kode program dari suatu *programmer* yang membuat programnya sesuai dengan implelementasi materi tersebut. Dan begitu juga saya mengerti tentang adanya penggunaan Semaphore pada program yang telah dijalankan. Dengan demikian, saya dapat menejelajahi lebih dalam terkait dengan materi sinkronisasi dan *deadlock* ini atas tugas Hands On 2 yant telah diberikan.

8 Link GitHub

Link GitHub dari Hands On 2 ini : [Klik disini](#)