

AURIZA AKBAR

PRAKTIKUM SISTEM OPERASI

ILMU KOMPUTER IPB

Daftar Isi

I Pemrograman Sistem UNIX 1

1	<i>Proses</i>	3
	<i>Intro</i>	3
	<i>Tim Praktikum</i>	3
	<i>Peraturan</i>	3
	<i>LMS</i>	4
	<i>Proses</i>	4
	<i>Apa itu proses?</i>	4
	<i>Apa itu proses?</i>	4
	<i>Bagaimana cara menjalankan program?</i>	4
	<i>Bagaimana cara menjalankan program?</i>	4
	<i>Shell</i>	4
	<i>Apa itu shell?</i>	4
	<i>Apa itu shell?</i>	4
	<i>Kernel vs Shell</i>	4
	<i>Kernel vs Shell</i>	5
	<i>Kernel vs Shell</i>	5
	<i>Contoh kernel</i>	5
	<i>Contoh shell</i>	5
	<i>Bagaimana shell bisa membuat proses?</i>	5
	<i>system()</i>	6
	<i>Fungsi system()</i>	6
	<i>Contoh</i>	6
	<i>Hierarki proses</i>	6
	<i>Latihan</i>	6
	<i>exec()</i>	7
	<i>Fungsi exec()</i>	7
	<i>Contoh execlp()</i>	7
	<i>Contoh execvp()</i>	7
	<i>Hierarki proses</i>	7
	<i>Latihan</i>	8
	<i>system() vs exec()</i>	8

2	<i>Fork, Wait</i>	9
	<i>fork()</i>	9
	<i>Fungsi fork()</i>	9
	<i>Contoh</i>	9
	<i>Latihan</i>	9
	Parent atau Child?	10
	<i>Konkurensi</i>	10
	<i>Latihan</i>	11
	<i>wait()</i>	11
	<i>Fungsi wait()</i>	11
	<i>Contoh</i>	11
	Mendapatkan Status Proses Child	11
	<i>Zombie</i>	12
	<i>Proses Zombie</i>	12
	<i>Contoh</i>	12
	<i>Mengamati Zombie</i>	12
	<i>Latihan</i>	12
	<i>Latihan Buku</i>	13
	<i>Latihan Tambahan</i>	13
3	<i>Signal</i>	15
	<i>Sinyal</i>	15
	<i>Jenis sinyal</i>	15
	<i>signal()</i>	17
	<i>Fungsi signal()</i>	17
	<i>Contoh</i>	17
	<i>Penjelasan</i>	18
	<i>kill()</i>	18
	<i>Fungsi kill()</i>	18
	<i>Contoh</i>	18
	<i>Penjelasan</i>	19
	<i>pause()</i>	19
	<i>Fungsi pause()</i>	19
	<i>Contoh</i>	19
	<i>Penjelasan</i>	19
	<i>Tugas</i>	19
	<i>Tugas Bonus</i>	20
4	<i>UNIX Shell</i>	21
	<i>Shell</i>	21
	<i>Cara Kerja Shell</i>	21
	<i>Membuat Proses Baru</i>	21
	<i>Tugas</i>	21

	<i>UNIX Shell</i>	21
	<i>History Feature</i>	21
5	<i>Thread</i>	23
	<i>Thread</i>	23
	<i>Thread</i>	23
	<i>POSIX Thread</i>	23
	<i>Membuat Thread</i>	23
	<i>Menunggu Thread</i>	23
	<i>Mengakhiri Thread</i>	24
	<i>Contoh</i>	24
	<i>Satu Thread Tanpa Argumen</i>	24
	<i>Dua Thread Tanpa Argumen</i>	24
	<i>Banyak Thread Tanpa Argumen</i>	24
	<i>Satu Thread Dengan Argumen</i>	25
	<i>Dua Thread Dengan Argumen</i>	25
	<i>Banyak Thread Dengan Argumen</i>	25
	<i>Latihan</i>	26
	<i>Jumlah Array</i>	26
	<i>Jumlah Array (Satu Thread)</i>	26
	<i>Jumlah Array (Dua Thread)</i>	26
	<i>Jumlah Array (Empat Thread)</i>	27
6	<i>Sinkronisasi Thread</i>	29
	<i>Critical Section</i>	29
	<i>Critical Section</i>	29
	<i>Sinkronisasi</i>	29
	<i>Mutual Exclusion</i>	29
	<i>Mutex</i>	29
	<i>Fungsi Mutex</i>	29
	<i>Latihan</i>	30
	<i>Semaphore</i>	31
	<i>Semaphore</i>	31
	<i>Jenis Semaphore</i>	31
	<i>Fungsi Semaphore</i>	31
	<i>Latihan</i>	32
	<i>Tugas</i>	32
	<i>Array Sum</i>	32
	<i>II Administrasi Sistem UNIX</i>	35
7	<i>UNIX Intro</i>	37

<i>Pendahuluan</i>	37
<i>Mengapa CLI?</i>	37
<i>Server SO</i>	37
<i>Login Server</i>	38
<i>Sumber Tambahan</i>	38
<i>Perintah Dasar</i>	38
<i>ssh</i>	38
<i>echo</i>	38
<i>hostname</i>	38
<i>uname</i>	38
<i>uptime</i>	39
<i>date</i>	39
<i>cal</i>	39
<i>whoami</i>	39
<i>who</i>	39
<i>w</i>	39
<i>last</i>	39
<i>write</i>	40
<i>mesg</i>	40
<i>mail</i>	40
<i>passwd</i>	40
<i>logout</i>	40
<i>poweroff</i>	40
<i>reboot</i>	40
<i>Tombol shortcut</i>	40
<i>Tugas</i>	41

8 *File dan Direktori* 43

<i>File dan Direktori</i>	43
<i>pwd</i>	43
<i>cd</i>	43
<i>ls</i>	43
<i>touch</i>	43
<i>mkdir</i>	44
<i>cp</i>	44
<i>mv</i>	44
<i>rm</i>	44
<i>rmdir</i>	44
<i>Dotfile</i>	45
<i>Simbol</i>	45
<i>Path</i>	45
<i>Tugas</i>	45

9 *Permission, Link, Pipe, Redirection* 47

Ownership	47
Permission	47
<i>su</i>	47
<i>chown</i>	47
<i>chmod</i>	48
Format <i>chmod</i>	48
Contoh <i>chmod</i>	48
Link	50
<i>ln</i>	50
Stream Standar	50
Pipe	52
Redirect	52

10 Pencarian dan Pemrosesan Teks 55

Pencarian	55
<i>man</i>	55
<i>which</i>	55
<i>locate</i>	56
<i>find</i>	56
<i>xargs</i>	56
<i>grep</i>	56
Pemrosesan Teks	57
<i>editor (nano)</i>	57
<i>vi</i>	57
<i>pager (less)</i>	57
<i>cat</i>	58
<i>split</i>	58
<i>sort</i>	58
<i>uniq</i>	58
<i>head</i>	59
<i>tail</i>	59
<i>tr</i>	59
<i>sed</i>	59
<i>cut</i>	59
<i>paste</i>	60
Ekspresi Reguler	60
Ekspresi Reguler (Regex)	60
Referensi Singkat	60
Referensi Singkat	60
Tugas	61

11 Process and Job Control 63

Proses	63
<i>ps</i>	63

<i>pstree</i>	63
<i>top</i>	63
<i>htop</i>	63
<i>pgrep</i>	63
<i>kill</i>	64
<i>pmap</i>	64
<i>lsof</i>	64
<i>nice</i>	64
<i>renice</i>	64
<i>Job Control</i>	66
<i>Process State</i>	66
<i>Background Process</i>	66
<i>jobs</i>	66
<i>fg</i>	66
<i>bg</i>	66
12	Shell Scripting
	67
<i>Shell Scripting</i>	67
<i>Contoh</i>	67
<i>Referensi</i>	67
<i>Ekspansi</i>	67
<i>Pathname Expansion</i>	67
<i>Pathname Expansion</i>	68
<i>Parameter Expansion</i>	68
<i>Command Substitution</i>	68
<i>Arithmetic Expansion</i>	68
<i>Parameter Khusus</i>	69
<i>Ekspresi</i>	69
<i>[</i>	69
<i>[</i>	69
<i>seq</i>	69
<i>read</i>	70
<i>Kontrol Aliran</i>	70
<i>Percabangan</i>	70
<i>Kasus</i>	70
<i>Perulangan</i>	70
<i>Perulangan</i>	70
<i>Fungsi</i>	71
<i>Contoh</i>	71
<i>Percabangan</i>	71
<i>Kasus</i>	71
<i>Perulangan</i>	71
<i>Fungsi</i>	71
<i>Perulangan dan Percabangan</i>	72

<i>Latihan</i>	72
<i>Frekuensi Kata Terbanyak</i>	72
<i>Identifikasi Penyerang</i>	73
<i>Cek Tugas Email</i>	73
<i>Tugas: Spelling Checker</i>	73

13 *Perintah Tambahan* 75

<i>Kompresi</i>	75
<i>tar</i>	75
<i>gzip</i>	75
<i>gunzip</i>	75
<i>tar.gz</i>	75
<i>tar.gz</i>	76
<i>zip</i>	76
<i>unzip</i>	76
<i>pgp</i>	76
<i>Konversi</i>	76
<i>convert</i>	76
<i>avconv</i>	77
<i>pandoc</i>	77
<i>tesseract</i>	77
<i>espeak</i>	78
<i>dot</i>	78
<i>figlet</i>	78
<i>Info Sistem</i>	79
<i>lscpu</i>	79
<i>lshw</i>	79
<i>lspci</i>	79
<i>lsusb</i>	79
<i>lsblk</i>	79
<i>lslocks</i>	79
<i>lsof</i>	80
<i>df</i>	80
<i>du</i>	80
<i>free</i>	80
<i>vmstat</i>	80
<i>bmon</i>	80

Daftar Gambar

1.1	Tata tertib mahasiswa IPB	3
3.1	Komunikasi antarproses pada Linux	16
3.2	Sinyal pada UNIX	17
6.1	<i>Don't share mutable state</i>	30
7.1	Raspberry Pi	37
9.1	UNIX permissions	48
9.2	Membuka akses untuk publik	49
9.3	Inode	50
9.4	Direktori dan symlink	51
9.5	File descriptor	51
9.6	Pipe	52
10.1	Bagian halaman manual	55
10.2	Petunjuk singkat <code>vi</code>	57
10.3	<i>Real programmers</i>	58
10.4	<i>Regex saves the day</i>	61
11.1	Don't <code>SIGKILL</code>	64
11.2	<i>Process information filesystem</i>	65
11.3	<i>Process state</i>	65

Bagian I

Pemrograman Sistem
UNIX

1

Proses

Intro

Tim Praktikum

- Auriza Rahmad Akbar
- M Mukhibillah Asshidiqy
- Kurnia Saputra
- Lu William Hanugra
- Selfi Qisthina

Peraturan

- Pakaian sopan, tidak ketat
 - pelanggaran lebih dari 3 kali: sanksi sedang (nilai 0)
- Kehadiran minimal 80%
- Toleransi terlambat 15 menit
- Tidak membawa makanan ke lab



Gambar 1.1: Tata tertib mahasiswa IPB

LMS

- <https://lms.ipb.ac.id/course/view.php?id=154>
 - *key*: so2017
- Buku acuan:
 - Silberschatz *et al.* 2013. *Operating System Concepts*. Ed ke-9.
- Proporsi nilai praktikum:
 - UTSP: 30%
 - UASP: 30%
 - Tugas: 40%

*Proses**Apa itu proses?**Apa itu proses?*

Program yang sedang berjalan.

A program in execution.¹¹ Silberschatz *et al.* (2013), *Operating System Concepts*, hlm 105.*Bagaimana cara menjalankan program?*

Misalkan kita ingin menjalankan program Firefox. Ada berapa cara?

Bagaimana cara menjalankan program?

Misalkan kita ingin menjalankan program Firefox. Ada berapa cara?

Dua cara:

1. **CLI**: buka *shell*, lalu ketikkan perintah **firefox**.
2. **GUI**: klik ikon Firefox pada menu aplikasi².

² jika ikon diklik, program akan tetap dijalankan melalui *shell*; coba cek isi file `/usr/share/applications/firefox.desktop`.*Shell**Apa itu shell?**Apa itu shell?*

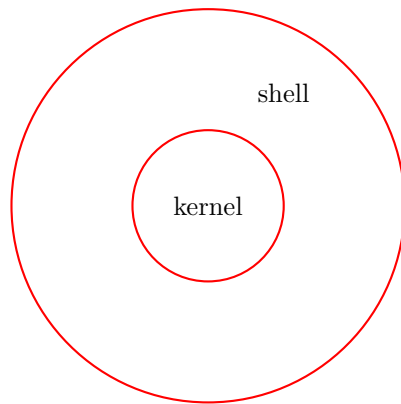
- *Shell* adalah antarmuka antara pengguna dengan *kernel*.

Kernel *vs* Shell

- *kernel* = ...
- *shell* = ...

Kernel *vs* Shell

- *kernel* = inti
- *shell* = kulit



Kernel *vs* Shell

- *Kernel* adalah inti dari sistem operasi.
- *Shell* adalah antarmuka antara pengguna dengan *kernel*.
- *Shell* bertugas untuk menjalankan aplikasi pengguna.
 - $user \rightarrow shell \rightarrow kernel$.

Contoh kernel

- UNIX
 - BSD
 - AIX
 - HP-UX
 - Solaris
 - Linux
- Windows NT

Contoh shell

- Bourne shell (**sh**)
- Bourne-again shell (**bash**)
- Korn shell (**ksh**)
- Z shell (**zsh**)
- Windows PowerShell

Bagaimana shell bisa membuat proses?

Tugas: baca Silberschatz *et al.* (2013), hlm 116–118 sebagai tugas sekaligus materi praktikum pekan depan.

*system()**Fungsi system()*

```
int system(char *command);
```

- Menjalankan `command` dengan menjalankan *shell* terlebih dahulu³:
 - `sh -c "command"`

³ lihat ‘man system’*Contoh*

- Menjalankan perintah “`ps --forest`”.

```
// system.c
int main()
{
    puts("Running command");

    system("ps --forest");

    puts("Done");
    return 0;
}
```

Hierarki proses

```
..
\_ bash
    \_ ./system
        \_ sh
            \_ ps
```

- Bisa menjalankan rangkaian beberapa perintah sekaligus.
- Contoh:

```
int main()
{
    system("hostname | rev");
    return 0;
}
```

Latihan

- Buat program untuk menjalankan perintah ‘`ps -A`’!
- Buat program untuk mencetak kalender bulan Desember!

exec()

Fungsi exec()

```
int execvp(char *file, char *argv[]);
    int execlp(char *file, char *arg, ...);
```

- Mengantikan proses yang ada dengan proses baru⁴

⁴ lihat 'man exec'

Contoh execlp()

- Parameter perintah ditempatkan pada *list* argumen.
- Menjalankan perintah "ps --forest":

```
// exec.c
int main()
{
    puts("Running command");

    execlp("ps", "ps", "--forest", NULL);

    puts("Done");
    return 0;
}
```

Contoh execvp()

- Parameter perintah disimpan pada variabel *string array*.
- Menjalankan perintah "ps --forest":

```
// exec.c
int main()
{
    puts("Running command");

    char *args[] = {"ps", "--forest", NULL};
    execvp(args[0], args);

    puts("Done");
    return 0;
}
```

Hierarki proses

```
..
 \_ bash
```

```
\_ ./exec
```

Setelah pemanggilan fungsi `exec`, proses lama akan ditimpa.

```
..
```

```
\_ bash
```

```
\_ ps --forest
```

Latihan

- Buat program untuk menjalankan perintah ‘`ps -A`’!
- Buat program untuk mencetak kalender bulan Juni!

system() vs exec()

- Fungsi `system()` lebih mudah digunakan
 - namun tidak efisien dalam penggunaan memori dan waktu
 - karena harus membuat dua proses baru untuk tiap perintah
- Fungsi `exec()` lebih efisien
 - langsung menimpa proses yang sudah ada
 - dipakai oleh *shell* untuk membuat proses baru

2

Fork, Wait

fork()

Fungsi fork()

```
pid_t fork(void);
```

- Menduplikasi proses¹
- *Return value*:
 - jika *parent*: PID *child*
 - jika *child*: 0
 - jika *error*: -1

¹ lihat 'man 2 fork'

Contoh

```
// fork.c
#include <stdio.h>
#include <unistd.h>

int main()
{
    fork();
    puts("hello");
    return 0;
}
```

Latihan

```
#include <stdio.h>
#include <unistd.h>

int main()
{
    fork();
    fork();
}
```

```

    puts("X");
    return 0;
}

```

Berapa kali X dicetak?

Parent *atau* Child?

Return value fork() digunakan untuk membedakan antara proses *parent* dengan *child*.

```

#include <stdio.h>
#include <unistd.h>
#include <sys/types.h>

int main()
{
    pid_t pid;                // process id

    pid = fork();
    if (pid == 0)
        puts("child");
    else
        puts("parent");

    return 0;
}

```

Konkurensi

- Proses *parent* dan *child* berjalan secara konkuren.
 - meskipun pada kode program terlihat sekuensial
- Proses *child* memiliki semua salinan variabel *parent*-nya.

```

int main() {
    pid_t pid; char *msg; int n;

    pid = fork();
    if (pid == 0) {
        msg = "child";
        n = 4;
    } else {
        msg = "parent";
        n = 8;
    }

    while (n-- > 0) { puts(msg); sleep(1); }
    return 0;
}

```

Latihan

Dengan menggunakan *looping* dan proses *parent* tidak mencetak apapun:

- Buatlah 4 proses *child* untuk mencetak “Hello”!
- Buatlah 5 proses *child* untuk mencetak “Hello”!
- Buatlah 9 proses *child* untuk mencetak “Hello”!

`wait()`

Fungsi `wait()`

```
pid_t wait(int *status);
```

- Proses *parent* menunggu hingga salah satu proses *child* selesai².
 – jika *child* sudah selesai, semua *resource*-nya akan dilepaskan
 – lalu proses *parent* melanjutkan eksekusi proses
- *Return value*: PID *child*.
- Argumen `status`: menyimpan *exit status* proses *child*
 – isi dengan NULL jika tidak dipakai

² lihat 'man 2 wait'

Contoh

```
int main() {
    pid_t pid; char *msg; int n;

    pid = fork();
    if (pid == 0) { msg = "child"; n = 8; }
        else { msg = "parent"; n = 4; }

    while (n--) { puts(msg); sleep(1); }

    if (pid > 0)    // parent menunggu child selesai
        wait(NULL);

    return 0;
}
```

Mendapatkan Status Proses Child

Gunakan parameter `status` pada fungsi `wait()` untuk menyimpan *exit status* proses *child* yang telah selesai.

```
if (pid > 0) {
    int status;
    wait(&status);
```

```
    printf("child status: %d\n", WEXITSTATUS(status));
}
```

Zombie

Proses Zombie

- Proses *child* sudah selesai, tetapi masih ada di memori.
- Sebab: proses *child* sudah selesai, tetapi *parent* masih berjalan dan tidak memanggil fungsi `wait()`.

Contoh

```
// zombie.c
int main()
{
    pid_t pid; char *msg; int n;

    pid = fork();
    if (pid == 0) { msg = "child"; n = 3;}
        else { msg = "parent"; n = 20;}

    while (n-->0) { puts(msg); sleep(1); }

    return 0;
}
```

Mengamati Zombie

- Jalankan program tersebut pada terminal.
- Buka terminal baru, jalankan `ps f` untuk melihat daftar proses.
 - lakukan dengan cepat, zombie hanya muncul selama 17 detik
- Ciri zombie: status Z dan nama proses `<defunct>`.

PID	TTY	STAT	TIME	COMMAND
12027	pts/1	Ss	0:00	bash
12028	pts/1	S+	0:00	_ ./zombie
12029	pts/1	Z+	0:00	_ [zombie] <defunct>
12031	pts/2	Ss	0:00	bash
12032	pts/2	R+	0:00	_ ps f

Latihan

// Berapa kali X dicetak, gambarkan pohon prosesnya!


```
int main()
{
    pid_t pid = fork();
    if (pid != 0)
        fork();
    fork();
    puts("X");
    return 0;
}
```

Latihan Buku

- Kerjakan latihan (buku hlm 149–153) nomor:
 - 3.1
 - 3.2
 - 3.12
 - 3.13
 - 3.14
 - 3.17
- Kerjakan tanpa bantuan komputer terlebih dahulu, lalu cek jawaban anda dengan menjalankan kode program yang diberikan.

Latihan Tambahan

- Kerjakan soal nomor:
 - 3.21
 - 3.22 (baca sendiri ttg *shared-memory* antarproses)

3

Signal

Sinyal

- Bentuk komunikasi antarproses (IPC) yang paling sederhana.
- Contoh IPC yang lain¹:
 - *pipe*
 - *socket*
 - *shared memory*
 - *message passing*

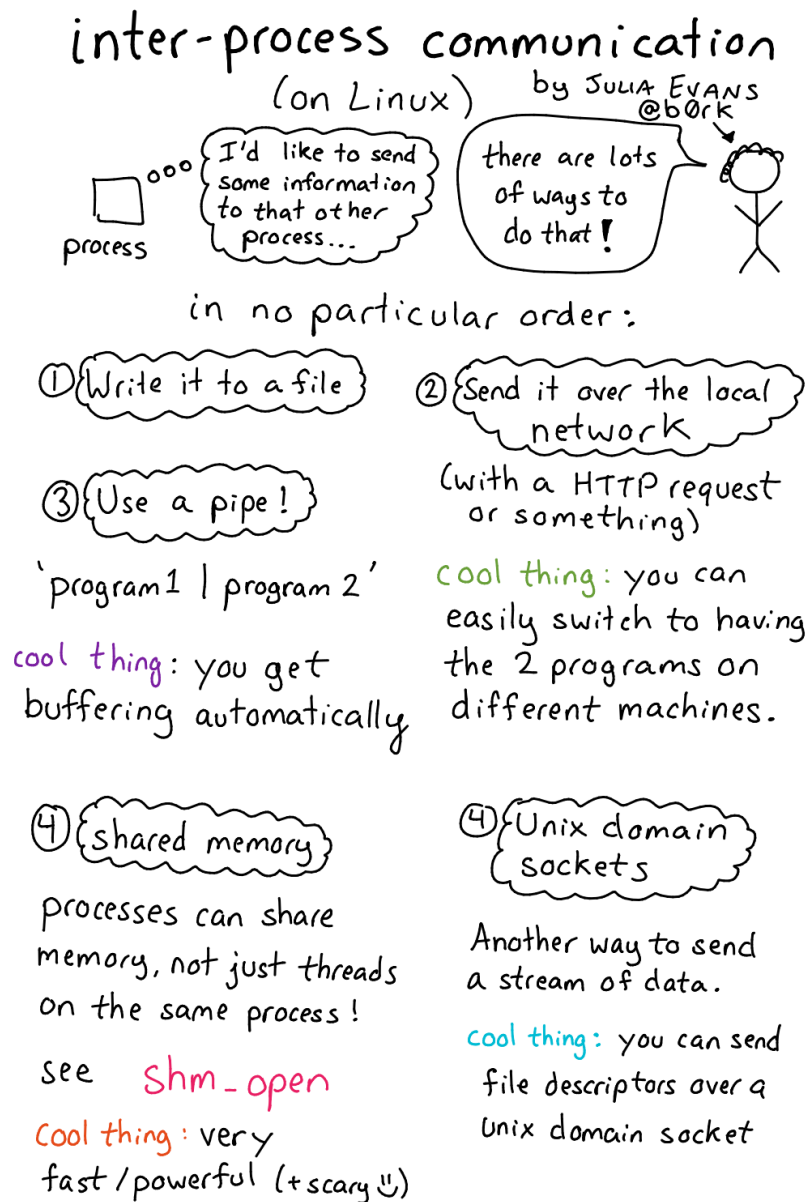
¹ Silberschatz *et al.* (2013), *Operating System Concepts*, hlm 130–147.

Jenis sinyal

- Ada 31 jenis sinyal standar².
- Beberapa sinyal dapat dikirim langsung oleh *user* ke proses *foreground* dengan menekan kombinasi tombol berikut:
 - **Ctrl-C**: sinyal *interrupt* (SIGINT)
 - **Ctrl-Z**: sinyal *terminal stop* (SIGTSTP)
 - **Ctrl-**: sinyal *quit* (SIGQUIT)

² lihat *file* `/usr/include/bits/signum.h` dan `man 7 signal`.

```
#define SIGHUP      1    // Hangup.
#define SIGINT      2    // Interrupt.
#define SIGQUIT     3    // Quit.
#define SIGILL      4    // Illegal instruction.
#define SIGTRAP     5    // Trace trap.
#define SIGABRT     6    // Abort.
#define SIGBUS      7    // Bus error.
#define SIGFPE      8    // Floating-point exception.
#define SIGKILL     9    // Kill, unblockable.
#define SIGUSR1    10    // User-defined signal 1.
#define SIGSEGV    11    // Segmentation violation.
#define SIGUSR2    12    // User-defined signal 2.
#define SIGPIPE    13    // Broken pipe.
#define SIGALRM    14    // Alarm clock.
#define SIGTERM    15    // Termination.
#define SIGSTKFLT  16    // Stack fault.
```



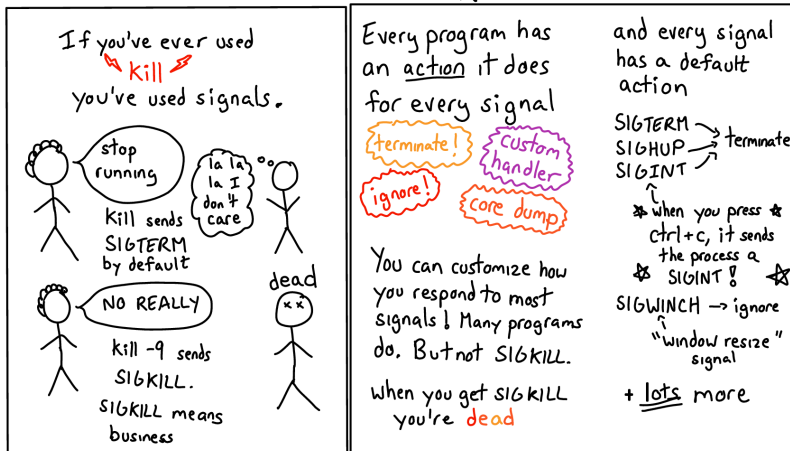
Gambar 3.1: Komunikasi antarproses pada Linux

SIGNALS

on Unix

julia evans
@b0rk
jvns.ca

Gambar 3.2: Sinyal pada UNIX



```
#define SIGCHLD 17 // Child status has changed.
#define SIGCONT 18 // Continue.
#define SIGSTOP 19 // Stop, unblockable.
#define SIGTSTP 20 // Keyboard stop.
#define SIGTTIN 21 // Background read from tty.
#define SIGTTOU 22 // Background write to tty.
#define SIGURG 23 // Urgent condition on socket.
#define SIGXCPU 24 // CPU limit exceeded.
#define SIGXFSZ 25 // File size limit exceeded.
#define SIGVTALRM 26 // Virtual alarm clock.
#define SIGPROF 27 // Profiling alarm clock.
#define SIGWINCH 28 // Window size change.
#define SIGIO 29 // I/O now possible.
#define SIGPWR 30 // Power failure restart.
#define SIGSYS 31 // Bad system call.
```

`signal()`

Fungsi `signal()`

```
void signal(int signum, void function(int));
```

- Untuk menangani sinyal yang masuk³.
- Jika ada `signum` yang masuk, maka `function` akan dijalankan.

³ lihat man 2 signal.

Contoh

```
void foo(int sig) {
    printf("got signal %d\n", sig); // print signum
}
```

```

    signal(SIGINT, SIG_DFL);          // back to default
}

int main() {
    signal(SIGINT, foo);
    while (1) {
        puts("hello");
        sleep(1);
    }
}

```

Penjelasan

- Jalankan program, kemudian kirim SIGINT (tekan Ctrl-C).
- Karena ada SIGINT masuk, program memanggil fungsi `foo`.
- Kirim lagi SIGINT.
- Apa yang terjadi? Mengapa demikian?
- Apa maksud SIG_DFL?

kill()

Fungsi kill()

```
int kill(pid_t pid, int signum);
```

- Untuk mengirim sinyal `signum` ke proses `pid`⁴.

⁴ lihat man 2 kill.

Contoh

```

int main()
{
    pid_t child = fork();
    if (child == 0) {
        while (1) {
            puts("child");
            sleep(1);
        }
    } else {
        sleep(5);
        kill(child, SIGTERM); // terminate
    }
    return 0;
}

```

Penjelasan

- *Child* akan terus mencetak tiap 1 detik.
- Setelah 5 detik, *parent* mengirim **SIGTERM** ke *child*.
- *Child* akan berhenti karena mendapat **SIGTERM** dari *parent*.

pause()

Fungsi *pause()*

```
int pause(void);
```

- Untuk menunggu sinyal masuk⁵.

⁵ lihat 'man 2 pause'.

Contoh

```
void ding(int sig) { puts("ding!"); }
```

```
int main()
{
    if (fork() == 0) {
        sleep(5);
        kill(getppid(), SIGALRM);
    } else {
        signal(SIGALRM, ding);
        puts("waiting...");
        pause();
    }
    return 0;
}
```

Penjelasan

- *Parent* menunggu sinyal masuk.
- *Child* akan mengirim **SIGALRM** ke *parent* setelah 5 detik.
- Setelah **SIGALRM** masuk, *parent* memanggil fungsi *ding*.
- Apa yang terjadi jika *parent* tidak memanggil fungsi *pause()*?

Tugas

- Modifikasi program contoh hlm 3 pada bagian *parent*, sehingga *child* akan:
 - berjalan selama 4 detik, lalu
 - berhenti sementara (*stop*) selama 3 detik, lalu

- lanjut lagi berjalan (*continue*) selama 2 detik, lalu
 - berhenti (*terminate*)
- Jika benar, *child* akan mencetak 6 kali.
- Kumpulkan di LMS berupa satu *file* dengan nama [NIM].c.

Tugas Bonus

- Implementasikan sendiri fungsi `system()` anda sesuai penjelasan yang tertera pada manual⁶.
 - gunakan fungsi `fork()`, `execl()`, `wait()`, dan `signal()`
 - coba jalankan beberapa perintah memakai fungsi tsb
- Kumpulkan di LMS berupa satu *file* dengan nama [NIM].c.
 - **opsional**, plagiasi akan mendapat sanksi nilai -100
 - paling lambat besok pukul 06:00

⁶ lihat `man 3 system`.

4

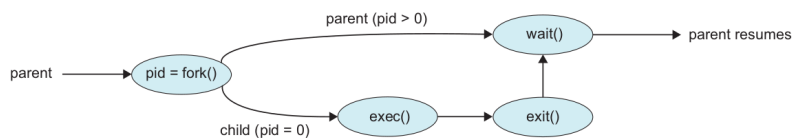
UNIX Shell

Shell

Cara Kerja Shell

1. Baca masukan perintah dari pengguna
2. Pisahkan perintah per argumen (per kata)
3. Buat proses *child* (**fork**)
4. Jalankan perintah (**exec**)
5. Tunggu sampai *child* selesai (**wait**)
6. Kembali ke nomor 1

Membuat Proses Baru



Tugas

UNIX Shell

- Lihat **Project 1**¹, kerjakan **Part I**, yaitu membuat *shell*
 - lengkapi contoh program berikut²
- Kumpulkan di LMS dengan nama *file* `NIM_shell.c`
 - paling lambat setelah praktikum berakhir

¹ Silberschatz *et al.* (2013), *Operating System Concepts*, hlm 157–159

² <https://git.io/vycRv>

History Feature

- Lanjutkan **Part II**, yaitu membuat fitur *history*
 - **opsional**, bonus nilai
 - plagiasi akan mendapat sanksi nilai -100

- Kumpulkan di LMS dengan nama *file* `NIM_shellhist.c`
 - paling lambat besok pukul 06:00

5

Thread

Thread

Thread

- *thread* adalah satuan dasar utilisasi CPU¹
- tiap *thread* memiliki:
 - id, *program counter*, *register set*, dan *stack*
- dalam satu proses, *thread* berbagi:
 - segmen *code*, segmen *data*, dan sumberdaya lainnya, seperti *file*
- proses *multithreaded* memiliki beberapa *thread* yang dapat mengerjakan beberapa tugas secara bersamaan

¹ Silberschatz *et al.* (2013), *Operating System Concepts*, hlm 163.

POSIX Thread

- UNIX memakai standar POSIX² *thread* (pthread)
- saat kompilasi tambahkan *flag* `-pthread`

² The Portable Operating System Interface

Membuat Thread

```
pthread_create(&thread, attr, func, arg);
```

- membuat satu **thread** dengan atribut **attr** yang akan menjalankan fungsi **func** dengan argumen **arg**³
- deklarasi fungsi tersebut:
 - `void *func(void *arg);`⁴

³ lihat 'man pthread_create'

⁴ `void*`: tipe data *generic pointer*

Menunggu Thread

```
pthread_join(thread, &retval);
```

- menunggu **thread** selesai dan menyimpan keluarannya ke variabel **retval**⁵

⁵ lihat 'man pthread_join'

Mengakhiri Thread

```
pthread_exit(retval);
```

- mengakhiri *thread* dengan nilai keluaran `retval`⁶

⁶ lihat 'man pthread_exit'

*Contoh**Satu Thread Tanpa Argumen*

```
#include <pthread.h>
#include <stdio.h>

void *hello(void *arg) {
    printf("hello\n");
    pthread_exit(NULL);
}

int main() {
    pthread_t thread;
    pthread_create(&thread, NULL, hello, NULL);
    pthread_join(thread, NULL);
    return 0;
}
```

Dua Thread Tanpa Argumen

```
int main() {
    pthread_t thread1;
    pthread_t thread2;

    pthread_create(&thread1, NULL, hello, NULL);
    pthread_create(&thread2, NULL, hello, NULL);

    pthread_join(thread1, NULL);
    pthread_join(thread2, NULL);

    return 0;
}
```

Banyak Thread Tanpa Argumen

```
#define N 4

int main() {
    pthread_t thread[N];
    int i;
```

```

    for (i = 0; i < N; i++)
        pthread_create(&thread[i], NULL, hello, NULL);

    for (i = 0; i < N; i++)
        pthread_join(thread[i], NULL);

    return 0;
}

```

Satu Thread Dengan Argumen

```

#include <pthread.h>
#include <stdio.h>

void* hello(void* arg) {
    printf("hello from thread %s\n", (char*)arg);
    pthread_exit(NULL);
}

int main() {
    pthread_t thread;
    pthread_create(&thread, NULL, hello, "0");
    pthread_join(thread, NULL);
    return 0;
}

```

Dua Thread Dengan Argumen

```

int main() {
    pthread_t thread1;
    pthread_t thread2;

    pthread_create(&thread1, NULL, hello, "0");
    pthread_create(&thread2, NULL, hello, "1");

    pthread_join(thread1, NULL);
    pthread_join(thread2, NULL);

    return 0;
}

```

Banyak Thread Dengan Argumen

```

#define N 4

int main() {

```

```

pthread_t thread[N];
char *id[N] = {"0", "1", "2", "3"};
int i;

for (i = 0; i < N; i++)
    pthread_create(&thread[i], NULL, hello, id[i]);

for (i = 0; i < N; i++)
    pthread_join(thread[i], NULL);

return 0;
}

```

Latihan

Jumlah Array

- lengkapi program berikut untuk menjumlahkan nilai semua elemen *array* A
- gunakan variabel global `sum` untuk menyimpan hasilnya

```

#include <stdio.h>
#define N 16

int sum = 0;

int main() {
    int A[N] = {68,34,64,95,35,78,65,93,
               51,67, 7,77, 4,73,52,91};
    // TODO: array sum
    printf("%d\n", sum);    // 954
    return 0;
}

```

Jumlah Array (Satu Thread)

- sekarang, buat satu buah *thread* untuk menjumlahkan nilai semua elemen *array* A dengan fungsi `array_sum()`
- *thread* utama hanya membuat dan menunggu *thread* ini selesai

Jumlah Array (Dua Thread)

- oke?
- sekarang gunakan 2 buah *thread* untuk menjumlahkan nilai semua elemen *array* A
- pastikan pembagian kerja antara kedua *thread* seimbang, yaitu tiap *thread* memproses $\frac{N}{2}$ elemen

Jumlah Array (Empat Thread)

- bisa?
- sekarang gunakan 4 buah *thread* untuk menjumlahkan nilai semua elemen *array* A
- pastikan pembagian kerja antara keempat *thread* seimbang, yaitu tiap *thread* memproses $\frac{N}{4}$ elemen
- kumpulkan di LMS

6

Sinkronisasi Thread

Critical Section

Critical Section

A **critical section** is a section of code that can be executed by at most **one process at a time**. The critical section exists to protect shared resources from multiple access.¹

- contoh: mengubah variabel global, menulis ke *file*, dll.
- solusi: sinkronisasi

¹ Jones (2008), *GNU/Linux Application Programming*, hlm 264.

Sinkronisasi

- untuk melindungi (mengunci) sebuah *critical section*
 - hanya satu proses/*thread* dalam satu waktu yang dapat masuk
- menggunakan *mutex lock* atau *semaphore*

Mutual Exclusion

Mutex

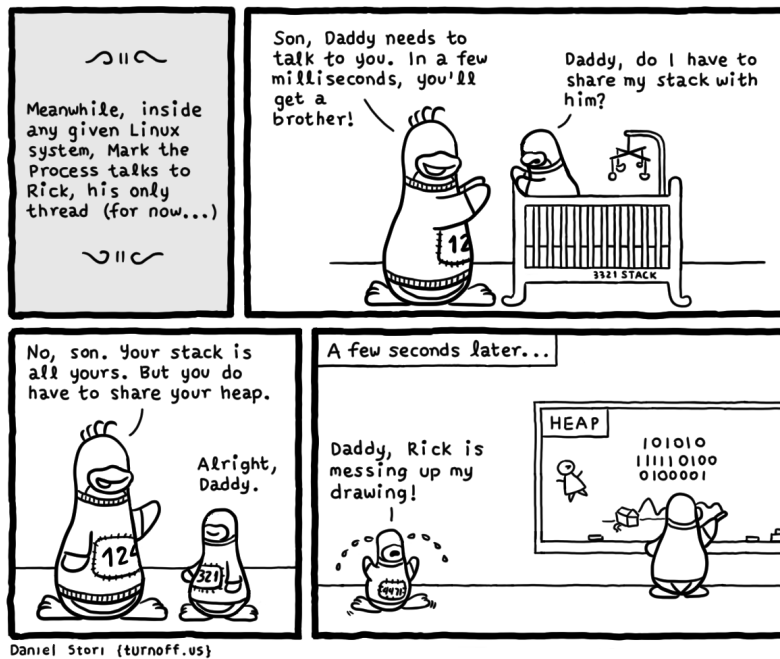
Mutex is a key to a variable. One thread can have the key—modify the variable—at the time. When finished, the thread gives (frees) the key to the next thread in the group.²

² <http://koti.mbnet.fi/niclasw/MutexSemaphore.html>

Fungsi Mutex

```
#include <pthread.h>

int pthread_mutex_init(pthread_mutex_t *mutex,
                       const pthread_mutexattr_t *attr);
int pthread_mutex_lock(pthread_mutex_t *mutex);
int pthread_mutex_unlock(pthread_mutex_t *mutex);
int pthread_mutex_destroy(pthread_mutex_t *mutex);
```

Gambar 6.1: *Don't share mutable state*

- `init`: inisialisasi mutex
- `lock`: mengunci *critical section*
- `unlock`: melepaskan kunci *critical section*
- `destroy`: menghapus mutex

Latihan

Apa yang salah dengan kode berikut ini? Perbaiki dengan menggunakan *mutex*!

```
// counting to one million
#include <stdio.h>
#include <pthread.h>

#define N 1000000
#define T 4

int count = 0;

void *counting(void *arg)
{
    int i;
    for (i = 0; i < N/T; i++)
        count++;           // critical section

    pthread_exit(NULL);
}
```

```

int main()
{
    pthread_t t[T];
    int i;

    for (i = 0; i < T; i++)
        pthread_create(&t[i], NULL, counting, NULL);

    for (i = 0; i < T; i++)
        pthread_join(t[i], NULL);

    printf("%d\n", count);    // 1000000, no?
    return 0;
}

```

Semaphore

Semaphore

- nilai *semaphore* *S* diinisialisasi dengan bilangan non-negatif
- terdapat dua operasi atomik yang bisa dilakukan pada *semaphore*, yaitu wait dan post³

```

wait(S) {
    while (S == 0)
        ; // busy wait
    S--;

    post(S) {
        S++;
    }
}

```

³ Silberschatz *et al.* (2013), *Operating System Concepts*, hlm 214.

Jenis Semaphore

1. *Counting semaphore*, nilai awal *semaphore* lebih dari 1
2. *Binary semaphore*, nilai awal *semaphore* adalah 1 (sama fungsinya dengan *mutex*)

Fungsi Semaphore

```

#include <semaphore.h>

int sem_init(sem_t *sem, int pshared, unsigned int value);
int sem_wait(sem_t *sem);
int sem_post(sem_t *sem);
int sem_destroy(sem_t *sem);

```

- `init`: inisialisasi `sem` dengan nilai awal `value`

- wait:
 - jika `sem = 0` \rightarrow *block*
 - jika `sem > 0` \rightarrow `sem--`, *continue*
- post: `sem++`
- destroy: menghapus `sem`

Latihan

Perbaiki latihan sebelumnya dengan menggunakan *semaphore*!

Tugas

Array Sum

Identifikasi *critical section* dan perbaiki kode berikut ini supaya hasilnya benar.

```
#include <stdio.h>
#include <pthread.h>
#include <stdlib.h>

#define N 100000
#define T 4

int sum = 0;

void *array_sum(void *arg)
{
    int *array = (int*)arg;    // cast void* --> int*
    int i;

    for (i = 0; i < N/T; i++)
        sum += array[i];

    pthread_exit(NULL);
}

int main()
{
    pthread_t t[T];
    int A[N], i;

    for (i = 0; i < N; i++)
        A[i] = rand()%10;

    for (i = 0; i < T; i++)
        pthread_create(&t[i], NULL, array_sum, &A[i*N/T]);

    for (i = 0; i < T; i++)
```

```
    pthread_join(t[i], NULL);

    printf("%d\n", sum);    // 448706
    return 0;
}
```


Bagian II

Administrasi Sistem
UNIX

7

UNIX Intro

Pendahuluan

Mengapa CLI?

- administrasi sistem
 - hampir semua server berbasis UNIX
 - perintah sama, meskipun berbeda OS
 - bisa otomatisasi dengan *script*
- pilihan aplikasi lebih banyak
- efektif dan efisien

Server SO

- Raspberry Pi 3 Model B¹
 - 1.2 GHz quad-core ARMv8 CPU
 - 1 GiB RAM
- Raspbian Lite GNU/Linux

¹ <https://www.raspberrypi.org/products/raspberry-pi-3-model-b/>



Gambar 7.1: Raspberry Pi

Login Server

- *Host*: `os.apps.cs.ipb.ac.id`
- *Username*: lihat LMS
- *Password*: 6 digit terakhir NIM

Sumber Tambahan

- UNIX commands list²
- Explain Shell³
- Regular expression checker⁴

² https://en.wikipedia.org/wiki/Template:Unix_commands

³ <http://explainshell.com>

⁴ <http://regexr.com/>

*Perintah Dasar**ssh*

Login ke komputer *remote*.

`ssh [OPTION] [USER@]HOST`

- `-p`: nomor *port* untuk koneksi
- `-X`: mengaktifkan X11 *forwarding*

echo

Menampilkan satu baris teks.

`echo [OPTION] [STRING]`

- `-n`: tanpa *newline* di akhir
- `-e`: mengaktifkan interpretasi *backslash escape*

hostname

Menampilkan nama *host* sistem.

`hostname [OPTION]`

- `-I`: menampilkan alamat IP *host*

uname

Menampilkan informasi kernel sistem.

`uname [OPTION]`

- `-a`: menampilkan semua informasi

uptime

Menampilkan berapa lama sistem sudah berjalan.

```
uptime
```

date

Mencetak tanggal dan waktu sistem.

```
date [+FORMAT]
```

cal

Menampilkan kalender.

```
cal [[MONTH] YEAR]
```

whoami

Menampilkan nama *user* yang sedang dipakai.

```
whoami
```

who

Menampilkan siapa saja yang sedang *log in*.

```
who [OPTION]
```

- -q: menampilkan semua *username* dan jumlahnya
- -w: menampilkan status *message* pengguna (+, -, atau ?)

w

Menampilkan siapa saja yang sedang *log in* dan apa yang dilakukannya.

```
w [USER]
```

last

Menampilkan daftar waktu *user* terakhir kali *login*.

```
last
```

write

Mengirim pesan ke *user* lain yang sedang *login*.

```
write USER [TTY]
```

mesg

Mengontrol akses masuk pesan ke terminal anda (ya/tidak).

```
mesg [y|n]
```

mail

Mengecek atau mengirim surat ke *user* lain.

```
mail [USER]
```

passwd

Mengganti *password* login.

```
passwd [OPTION] [USER]
```

- **-d**: menghapus *password* (*delete*)
- **-e**: membuat *password* kadaluwarsa (*expired*)

logout

Keluar dari sistem.

```
logout
```

poweroff

Mematikan (*shutdown*) sistem.

```
sudo poweroff
```

reboot

Me-*restart* sistem.

```
sudo reboot
```

Tombol shortcut

Tab

auto-completion

Up dan Down

mengakses *history* perintah yang pernah dimasukkan

Ctrl+D

mengakhiri teks (*end of file*, EOF)

Ctrl+C

mengakhiri proses yang sedang berjalan

Ctrl+L

membersihkan layar

Ctrl+W

menghapus satu kata di belakang kursor

Tugas

- ganti *password* anda
- kirim surat ke *user auriza*

8

File dan Direktori

File dan Direktori

pwd

Mencetak nama direktori saat ini.

`pwd`

cd

Mengganti direktori.

`cd [DIRECTORY]`

Jika tanpa parameter `DIRECTORY`, maka `cd` akan mengganti ke direktori *home* (`~`).

ls

Menampilkan daftar isi direktori.

`ls [OPTION] [FILE]`

- `-a`: tampilkan juga *dotfile*
- `-h`: mencetak ukuran dalam format yang mudah dibaca
- `-i`: cetak nomor indeks setiap *file*
- `-l`: gunakan format panjang
- `-r`: balik urutan *sorting*
- `-S`: *sorting* berdasarkan ukuran

touch

Meng-*update* waktu akses dan modifikasi suatu `FILE`.

`touch FILE`

Jika `FILE` belum ada, maka `touch` akan membuat `FILE` kosong.

mkdir

Membuat direktori.

`mkdir [OPTION] DIRECTORY`

- `-p`: buar direktori *parent* jika diperlukan

cp

Menyalin *file* dan direktori.

`cp [OPTION] SOURCE DEST`

`cp [OPTION] SOURCES... DIRECTORY`

- `-f`: tanpa konfirmasi jika terjadi *overwrite*
- `-i`: meminta konfirmasi sebelum *overwrite*
- `-r`: salin direktori secara rekursif

mv

Memindahkan (mengganti nama) *file*.

`mv [OPTION] SOURCE DEST`

`mv [OPTION] SOURCES... DIRECTORY`

- `-f`: tanpa konfirmasi jika terjadi *overwrite*
- `-i`: meminta konfirmasi sebelum *overwrite*

rm

Menghapus *file* atau direktori.

`rm [OPTION] FILE...`

- `-f`: tanpa konfirmasi, abaikan jika *file* tidak ada
- `-i`: meminta konfirmasi setiap kali menghapus
- `-r`: hapus direktori dan isinya secara rekursif

rmdir

Menghapus direktori kosong.

`rmdir [OPTION] DIRECTORY...`

- `-p`: hapus *DIRECTORY* dan pendahulunya; misal: `'rmdir -p a/b/c'` sama dengan `'rmdir a/b/c a/b a'`

Dotfile

File yang namanya diawali dengan tanda titik. Secara umum, *dotfile* tidak akan terlihat (*hidden*). Biasanya digunakan untuk menyimpan konfigurasi program.

Simbol

~

direktori *home* pengguna (`/home/$USER/`)

.

direktori saat ini

..

direktori *parent* dari direktori saat ini

/

direktori *root*, yaitu direktori paling atas

Path

Absolute

path ditulis lengkap dari direktori *root*; contoh: `‘/etc’`

Relative

path ditulis relatif terhadap posisi saat ini; contoh: `‘../etc’`

Tugas

- masuk ke direktori *home* anda
- buat direktori `public_html`
- masuk ke direktori tersebut
- unduh templat resume berikut ke sini
 - <https://raw.githubusercontent.com/auriza/os-lab/master/txt/bio.html>
- ubah nama *file* menjadi `resume.html`
- edit *file* sesuai dengan data anda
- untuk melihat hasilnya, buka halaman web berikut
 - <http://os.apps.cs.ipb.ac.id/~username/resume.html>

9

Permission, Link, Pipe, Redirection

Ownership

- Tiap *file* memiliki *owner*
 - hanya *superuser* yang dapat mengubah kepemilikan *file*
- Tiap *file* memiliki *permission*
 - mengatur hak akses *file* tersebut

Permission

- Tiga jenis *permission*:

<i>Permission</i>	<i>File</i>	<i>Directory</i>
r	<i>read</i>	<i>list files</i>
w	<i>write</i>	<i>add or remove files</i>
x	<i>execute</i>	<i>enter the directory</i>

- Tiga jenis *user*:
 - *user owner* (**u**)
 - *group owner* (**g**)
 - *others* (**o**)

su

Berubah menjadi *user* lain atau menjadi *superuser*.

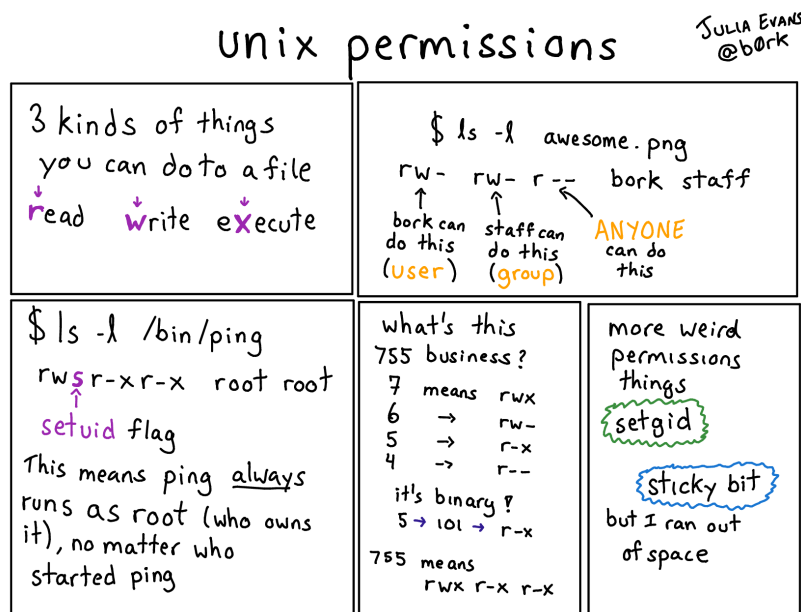
su [OPTION] [USERNAME]

- **-c** COMMAND: menjalankan perintah **COMMAND**
- **-l**: seperti *login* langsung (*default environment*)

chown

Mengubah kepemilikan suatu *file*.

chown [OPTION] [OWNER] [:GROUP] FILE



Gambar 9.1: UNIX permissions

- -R: rekursif

chmod

Mengganti mode *permission* suatu *file*.

```
chmod [OPTION] MODE[,MODE]... FILE...
chmod [OPTION] OCTAL-MODE FILE...
```

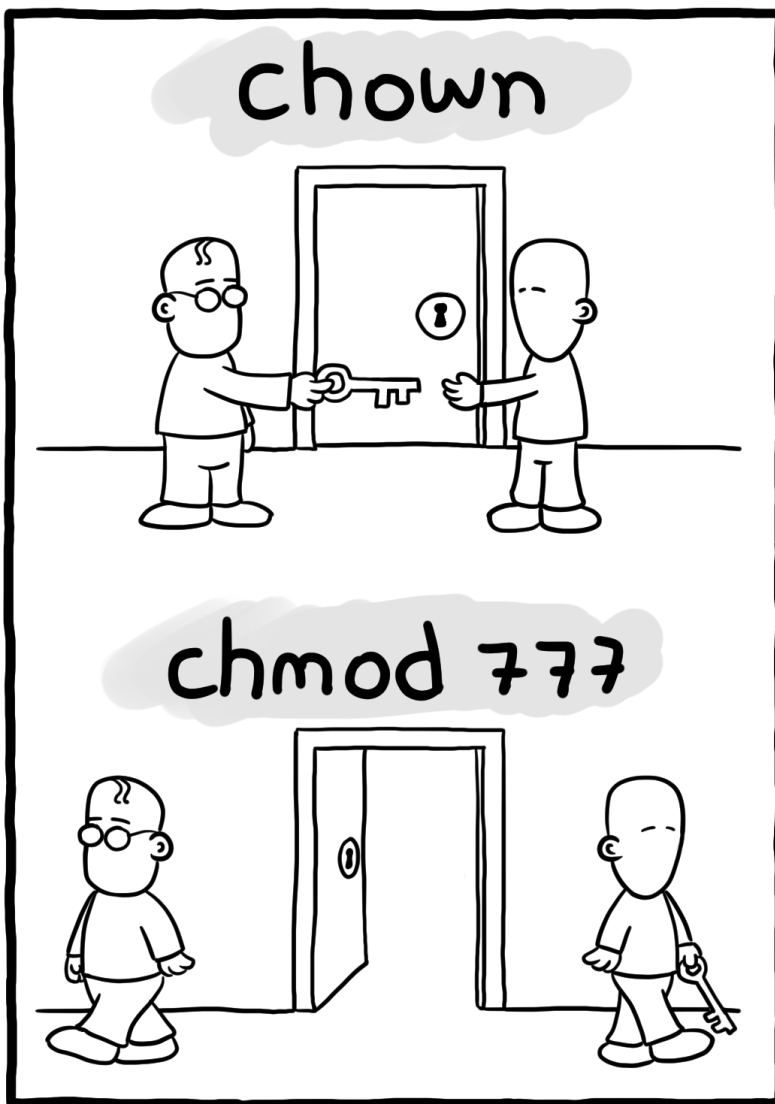
- -R: rekursif

Format chmod

- Format mode simbolis:
 - [ugoa] [+ -=] [rwxX]
- Format mode numerik:
 - digit oktal = 4 (*read*) + 2 (*write*) + 1 (*exec*)
- Catatan: opsi *permission* X hanya akan mengeset bit *execute* untuk direktori saja

Contoh chmod

- r--r--r--
 - chmod a=r FILE
 - chmod 444 FILE
- rw-rw----
 - chmod ug=rw,o= FILE
 - chmod 660 FILE
- rwxr-xr-x



Gambar 9.2: Membuka akses untuk publik

Daniel Stori {turnoff.us}

- `chmod a=rx,u+w FILE`
- `chmod 755 FILE`

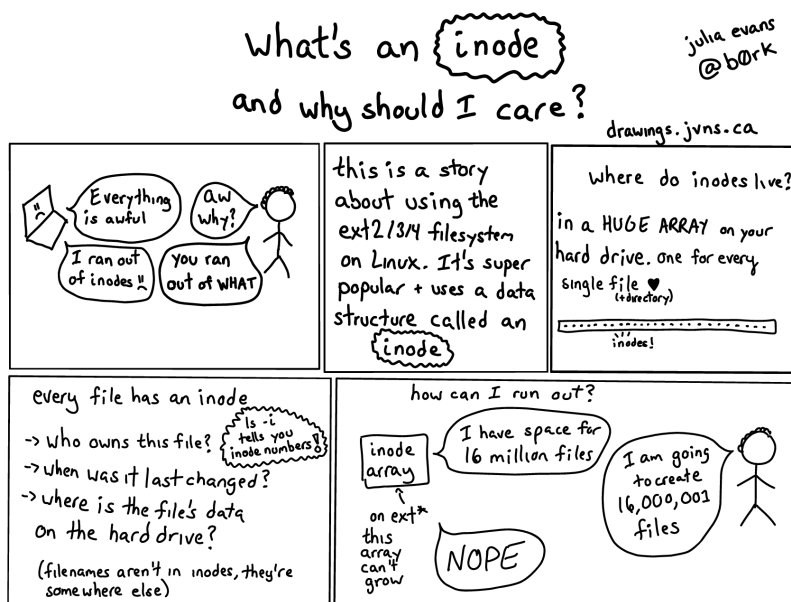
Link

1. Hard link

- mengacu pada nomor indeks *file* (inode)
- tidak terpengaruh terhadap perubahan nama *file*
- namun hanya bisa dalam satu partisi yang sama

2. Symbolic link

- mengacu pada nama *file*
- bisa lintas partisi
- bisa membuat *link* ke direktori
- namun jika nama *file* yang dirujuk berubah akan mengakibatkan *broken link*



Gambar 9.3: Inode

ln

Membuat *link* antar-*file*.

`ln [OPTION] TARGET LINK-NAME`

- `-s`: *symbolic link*

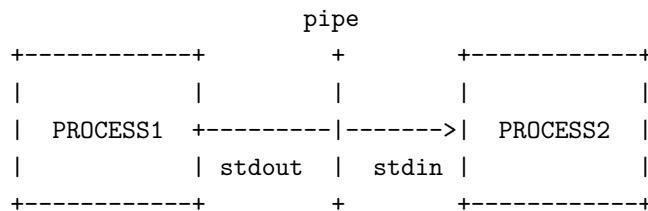
Stream Standar

Setiap proses yang berjalan memiliki tiga *stream* standar I/O:

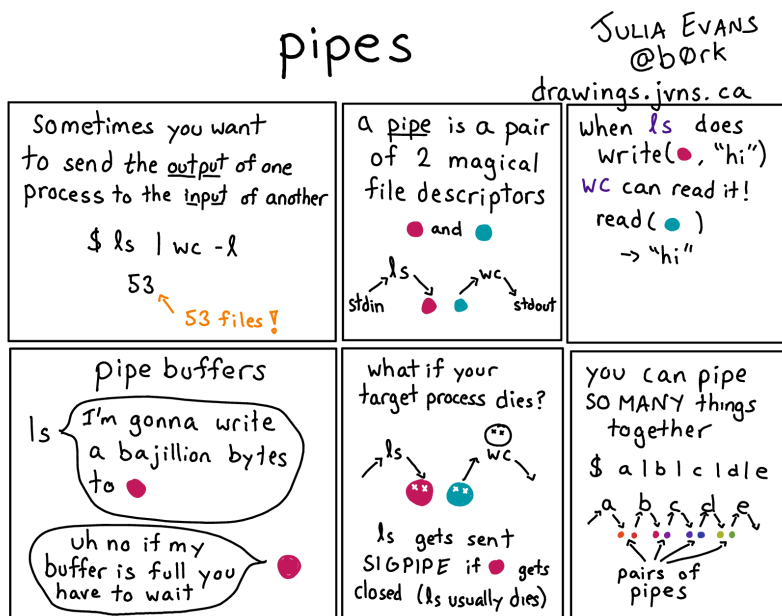
- *standard input* (`stdin`)
- *standard output* (`stdout`)

Pipe

- Menyalurkan *output* proses menjadi *input* proses selanjutnya
- Berguna untuk membuat *pipeline* perintah



- Contoh:
 - `echo "halo" | rev`
 - `echo "2 + 5" | bc`
 - `who | wc -l`



Gambar 9.6: Pipe

Redirect

- Mengarahkan *stream* standar proses ke suatu *file* yang ditentukan oleh pengguna

Karakter	Redirect
<	stdin
>	stdout
>>	stdout (<i>append</i>)
2>	stderr

- Contoh:


```
date > now.txt 2> err.txt  
rev < now.txt  
rev < now.txt > rev.txt
```


Pencarian dan Pemrosesan Teks

Pencarian

man

Mencari halaman manual suatu program, fungsi, dan sebagainya.

`man [SECTION] PAGE`

- q: (*quit*) keluar
- /PATTERN: pencarian kata
 - n: (*next*) lanjutkan pencarian kata
 - N: (*next-reverse*) lanjutkan pencarian kata mundur



Gambar 10.1: Bagian halaman manual

which

Mencari lokasi *file* program.

`which COMMAND`

locate

Mencari lokasi *file* berdasarkan namanya pada *database*.

`locate [OPTION] PATTERN`

- `-i`: (*insensitive*) abaikan kapitalisasi
- `-c`: (*count*) cetak jumlah *file* yang ditemukan

find

Mencari *file* langsung pada sebuah hierarki direktori.

`find [PATH] [TEST]...`

- `-name PATTERN`: nama *file*
- `-iname PATTERN`: nama *file* (*case insensitive*)
- `-size [+−]N[kMG]`: ukuran *file* sebesar *N*
- `-atime [+−]N`: *file* terakhir diakses *N* hari yang lalu
- `-mtime [+−]N`: *file* terakhir dimodifikasi *N* hari yang lalu
- `-empty`: *file* kosong
- `-type [df]`: jenis *file* (direktori atau *file* biasa)

xargs

Mengubah tiap baris masukan menjadi argumen untuk suatu perintah.

`xargs [OPTION] COMMAND`

- `-L N`: gunakan maksimum *N* baris argumen untuk tiap perintah

Contoh

```
## temukan semua file backup (.bak) di direktori ini,
## lalu hapus satu-per-satu
find . -name "*.bak" | xargs -L 1 rm
```

grep

Mencetak baris *file* yang cocok dengan suatu pola.

`grep [OPTION] PATTERN FILE`

- `-c`: (*count*) tampilkan jumlah baris
- `-i`: (*insensitive*) abaikan kapitalisasi
- `-v`: (*invert*) kebalikan dari pola yang diberikan
- `-r`: rekursif

Pemrosesan Teks

editor (*nano*)

Membuat dan mengedit *file* teks.

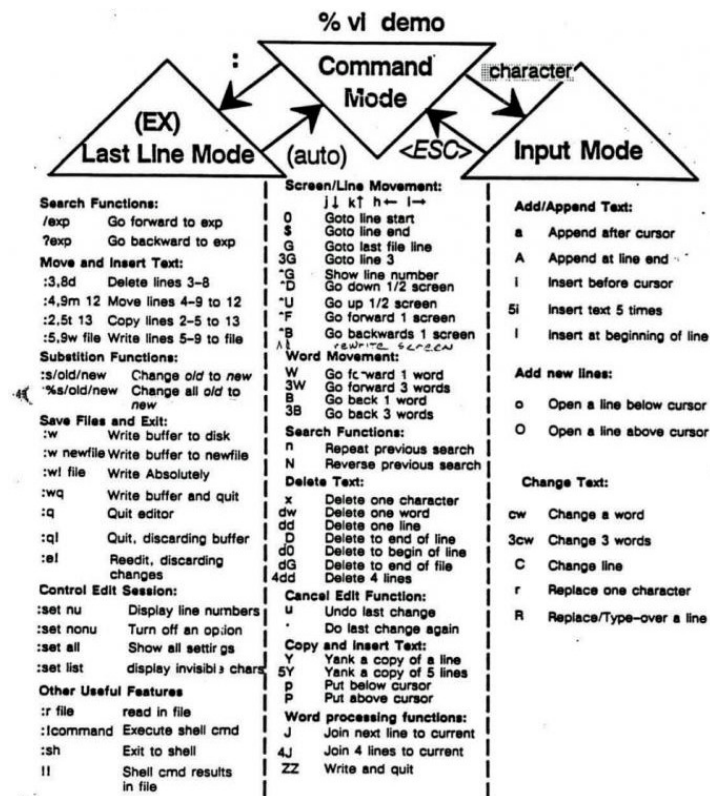
editor [OPTION] [FILE]...

- -i: (*indent*) indentasi otomatis
- -u: (*undo*) mengaktifkan fitur *undo*
- ^O: (*write-out*) menyimpan *file*
- ^X: (*exit*) keluar dari editor

vi

Editor teks untuk *programmer*.

vi [OPTION] [FILE]...



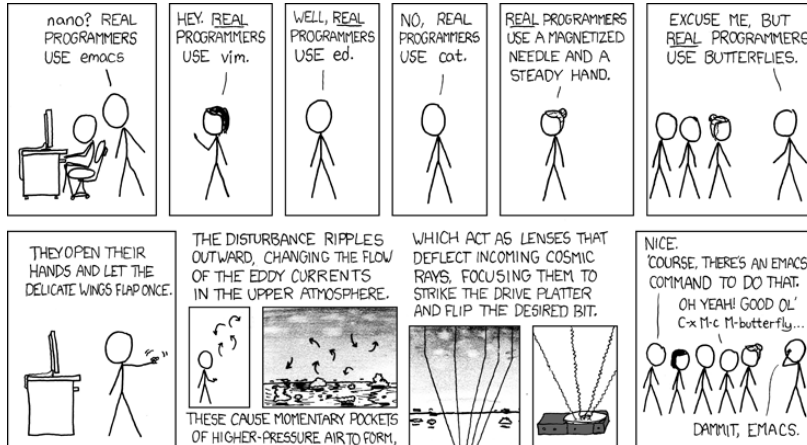
Gambar 10.2: Petunjuk singkat vi

pager (*less*)

Menampilkan *file* teks per halaman sesuai ukuran layar.

pager [FILE]...

- q: (*quit*) keluar

Gambar 10.3: *Real programmers*

- `/PATTERN`: pencarian kata
 - `n`: (*next*) lanjutkan pencarian kata
 - `N`: (*next-reverse*) lanjutkan pencarian kata mundur

cat

Menggabungkan *file* dan menampilkannya ke layar.

`cat` [OPTION] [FILE]...

- `-n`: (*number*) berikan nomor semua baris
- `-b`: (*blank*) berikan nomor baris yang ada isinya saja
- `-s`: (*squeeze*) hilangkan baris kosong yang berulang

split

Memecah *file* menjadi beberapa bagian.

`split` [OPTION] FILE [PREFIX]

- `-b N`: (*bytes*) pecah per *N* byte
- `-l N`: (*lines*) pecah per *N* baris

sort

Mengurutkan tiap baris pada *file* teks

`sort` [OPTION] [FILE]

- `-n`: (*numeric*) urutkan secara numerik
- `-r`: (*reverse*) urutkan terbalik

uniq

Menampilkan baris yang unik saja

`uniq` [OPTION] [FILE]

- `-c`: (*count*) tambahkan jumlah kemunculan di awal baris
- `-d`: (*duplicate*) hanya cetak baris yang berulang
- `-i`: (*ignore-case*) abaikan perbedaan huruf kecil/kapital
- `-u`: (*unique*) hanya cetak baris yang tidak berulang

head

Menampilkan bagian awal *file*.

`head` [OPTION] [FILE]

- `-n` K: (*lines*) tampilkan *K* baris pertama
- `-b` K: (*bytes*) tampilkan *K* byte pertama

tail

Menampilkan bagian akhir *file*.

`tail` [OPTION] [FILE]

- `-n` K: (*lines*) tampilkan *K* baris terakhir
- `-b` K: (*bytes*) tampilkan *K* byte terakhir

tr

Translasi karakter dari set pertama ke set kedua.

`tr` [OPTION] SET1 [SET2]

- `-d`: (*delete*) menghapus karakter yang terdapat pada SET1
- `-s`: (*squeeze*) menghapus karakter yang berulang dari SET1

sed

Stream editor, memanipulasi *string* dengan ekspresi reguler.

`sed` [OPTION] 's/SEARCH/REPLACE/' [FILE]

- `-e`: (*execute*) menambahkan perintah untuk dieksekusi
- `-i`: (*in-place*) mengedit *file* langsung

cut

Mengambil sebagian karakter/kolom dari sebaris teks.

`cut` OPTION [FILE]

- `-c` N-M: (*characters*) cetak karakter ke-N hingga M
- `-f` N-M: (*fields*) cetak kolom ke-N hingga M
- `-d` DELIM: (*delimiter*) karakter pemisah antarkolom

paste

Menggabungkan baris-baris tiap *file*.

`paste [OPTION] [FILE]`

- `-d`: (*delimiter*) karakter pemisah antarkolom
- `-s`: (*serial*) proses tiap *file* satu per satu

*Ekspresi Reguler**Ekspresi Reguler (Regex)*

Regex adalah susunan karakter yang merupakan pola pencarian. Regex digunakan untuk mencari *string* tertentu pada teks.

Misal, ekspresi reguler `/G64\d{6}/` dapat mencocokkan NIM semua mahasiswa S1 Ilmu Komputer IPB.

Latihan dan informasi lebih lanjut, kunjungi <http://regexr.com>.

Referensi Singkat

- Karakter
 - . karakter apapun selain *newline*
 - `[abc]` karakter a, b, atau c
 - `[^abc]` bukan karakter a, b, atau c
 - `[a-g]` karakter antara a sampai g
- Kelas Karakter
 - `\w` kata, `[A-Za-z0-9_]`
 - `\d` digit, `[0-9]`
 - `\s` *whitespace*
- *Anchor*
 - `^` awal baris
 - `$` akhir baris

Referensi Singkat

- Jumlah
 - `*` 0 atau lebih
 - `+` 1 atau lebih
 - `?` 0 atau 1
 - `{3}` tepat 3
 - `{3,}` 3 atau lebih
 - `{3,5}` antara 3 sampai 5

- Grup

(...) membuat grup

\n referensi balik grup ke-*n*



Gambar 10.4: *Regex saves the day*

Tugas

UNIX Text Processing Contest 2017x¹

¹ <https://www.hackerrank.com/unix-text-processing-2017x>

11

Process and Job Control

Proses

ps

Menampilkan cuplikan informasi proses yang sedang berjalan.

`ps` [OPTION]

- `-e`: (*every*) semua proses
- `-f`: (*full*) format lengkap
- `-L`: (*lightweight*) tampilkan informasi *thread*
- `--forest`: pohon proses

pstree

Menampilkan pohon proses.

`pstree` [OPTION] [PID|USER]

- `-n`: (*numeric*) urutkan berdasarkan PID
- `-p`: (PID) tampilkan PID

top

Memonitor proses.

`top` [OPTION]

- `-u` USER: proses milik USER tertentu saja
- `-p` PID: proses PID tertentu saja

htop

Memonitor proses secara interaktif.

`htop` [OPTION]

- `-u` USER: proses milik USER tertentu saja
- `-p` PID: proses PID tertentu saja

pgrep

Mendapatkan PID suatu proses berdasarkan namanya.

`pgrep` [OPTION] PATTERN

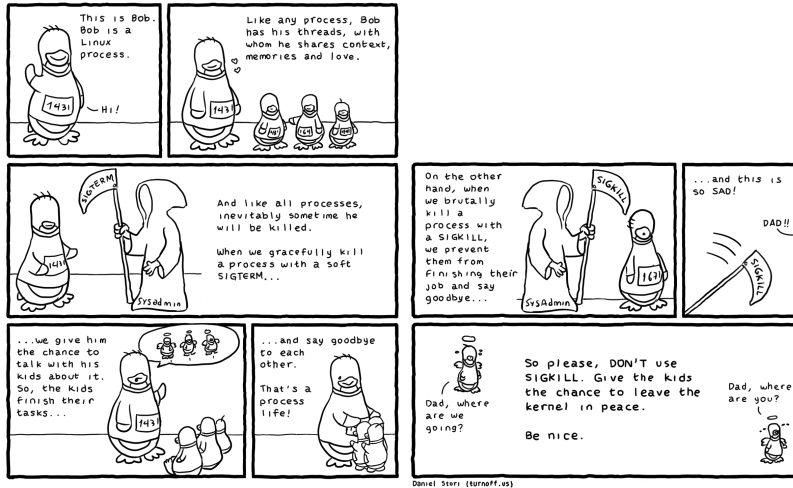
- `-u` USER: proses milik USER tertentu saja

kill

Mengirim sinyal ke suatu proses (*default SIGTERM*).

kill [OPTION] PID

- -SIG: mengirim sinyal SIG
- -l: (*list*) menampilkan semua daftar sinyal



Gambar 11.1: Don't SIGKILL

pmap

Menampilkan *memory map* sebuah proses.

pmap [OPTION] PID ...

- -x: *extended format*

lsof

Menampilkan daftar *file* yang sedang dibuka oleh proses.

lsof [OPTION] [FILENAME]

- -p PID: proses PID tertentu saja

nice

Menjalankan program dengan prioritas (*niceness*)¹ tertentu.

nice [OPTION] COMMAND

- -n NICE: mengeset nilai NICE

¹ nilai *niceness* antara -20 (prioritas tinggi) sampai 19 (prioritas rendah)

renice

Mengubah prioritas proses yang sudah berjalan.

renice [OPTION] PID

- -n NICE: mengubah nilai NICE

An amazing directory:

/proc

Every process on Linux has a PID (like 42). In `/proc/42`, there is a lot of VERY USEFUL information about process 42!

`/proc/42/env`

Here live all of the process's environment variables!

`/proc/42/fd`

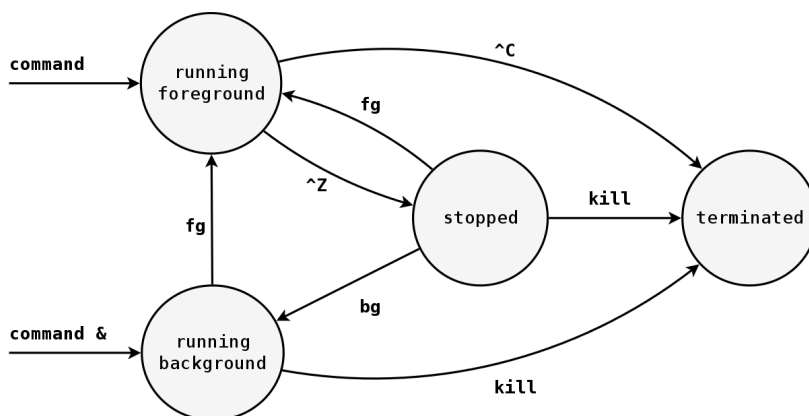
"fd" stands for "file descriptor". Here you'll find links to all open files!

`/proc/42/cmdline`

The command line arguments it was started with!

AND MORE: look at `man proc`

Gambar 11.2: Process information filesystem



Gambar 11.3: Process state

Job Control

Process State

Background Process

Untuk menjalankan proses di *background*, tambahkan tanda `&` pada akhir perintah.

COMMAND `&`

jobs

Menampilkan daftar *job* yang sedang aktif.

`jobs`

fg

Memindahkan *job* ke *foreground*.

`fg [JOBSPEC]`

bg

Memindahkan *job* ke *background*.

`bg [JOBSPEC]`

12

Shell Scripting

Shell Scripting

- menyimpan perintah *shell* ke dalam suatu *file*
- fitur pemrograman: variabel, kontrol aliran, fungsi
- berguna untuk:
 - pemrosesan teks
 - otomatisasi administrasi sistem

Contoh

```
$ cat > hello
#!/bin/sh
echo "Hello world"
exit 0
^D
```

```
$ chmod +x hello
```

```
$ ./hello
Hello world
```

Referensi

- [man sh](#)
- <http://wiki.bash-hackers.org>
- <http://www.commandlinefu.com>

Ekspansi

Pathname Expansion

- *: nol atau lebih karakter apapun
- ?: tepat satu karakter apapun
- [...]: tepat satu karakter di dalam *range*
- [!...]: tepat satu karakter selain dalam *range*

Pathname Expansion

```
ls /bin/e*
# /bin/echo /bin/ed /bin/egrep

ls /bin/e?
# /bin/ed

ls /bin/[cde]?
# /bin/cp /bin/dd /bin/df /bin/ed

ls /bin/[!a-n]?
# /bin/ps /bin/rm /bin/sh /bin/ss /bin/su
```

Parameter Expansion

```
web="cs.ipb.ac.id"

echo $web
# cs.ipb.ac.id

echo ${#web}
# 12

echo ${web%.ac.id}
# cs.ipb

echo ${web#cs.}
# ipb.ac.id
```

Command Substitution

```
$(...)
```

Menjalankan perintah dan mengembalikan keluarannya.

```
echo "I am $(whoami)."
# I am root.

echo "Today is $(date +%A)."
# Today is Tuesday.
```

Arithmetic Expansion

```
$((...))
```

Mengevaluasi ekspresi aritmatika dan mengembalikan keluarannya.

```
x=5
y=3

echo $((x + y)) $((x * y)) $((x / y)) $((x % y))
```



```
# 8 15 1 2

echo $((x > y)) $((x == y)) $((x > y && y > 0))
# 1 0 1
```

Parameter Khusus

- `$@`: semua parameter
 - `$1`: parameter pertama
 - `$2`: parameter kedua
 - ...
- `$#`: jumlah semua parameter
- `$?`: status keluaran perintah terakhir
- `$$`: PID proses *shell*

Ekspresi

```
[
```

Mengecek *file* dan membandingkan nilai. Status keluaran berupa 0 (*true*) atau 1 (*false*).

```
[ EXPR ]
```

- `-f FILE`: *file* biasa?
- `-d FILE`: *file* direktori?
- `-r FILE`: *file* bisa dibaca?
- `-w FILE`: *file* bisa ditulis?
- `STR1 = STR2`: kedua *string* sama?
- `INT1 -eq INT2`: kedua angka sama?
- `INT1 -lt INT2`: lebih kecil?
- `INT1 -gt INT2`: lebih besar?

```
[
```

```
[ "hello" ]; echo $?
# 0 (true)
```

```
[ -r /etc/passwd ]; echo $?
# 0 (true)
```

```
[ -r /etc/passwd ] && [ ! -w /etc/passwd ]; echo $?
# 0 (true)
```

```
[ "hello" = "world" ]; echo $?
# 1 (false)
```

```
[ 3 -gt 2 ]; echo $?
# 0 (true)
```

seq

Mencetak sekuens angka, berguna untuk *looping*.

```
seq [FIRST [INCREMENT]] LAST
```

```
seq 10
# 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
```

```
seq 1 2 10
# 1 3 5 7 9
```

read

Membaca satu baris masukan.

```
read NAME...
```

```
read input
# <ketikkan: hello>
```

```
echo $input
# hello
```

Kontrol Aliran

Percabangan

```
if ...
    then ...
elif ...
    then ...
else
    ...
fi
```

Kasus

```
case WORD in
    PATTERN)
        ... ;;
esac
```

Perulangan

```
for NAME in WORDS
do ...
done
```

Perulangan

```
while ...
do ...
done
```

```
until ...
```

```

do ...
done

```

Fungsi

```

NAME () {
    ...
}

```

Contoh

Percabangan

```

#!/bin/sh
## create public_html directory if not exist

webdir=~/.public_html

if [ ! -d $webdir ]; then
    mkdir $webdir
fi

exit 0

```

Kasus

```

#!/bin/sh
## is today weekend?

case $(date +%a) in
    Sat|Sun)
        echo "weekend";;
    *)
        echo "weekday";;
esac

```

Perulangan

```

#!/bin/sh
## cube from 1 to 10

for i in $(seq 10); do
    echo $((i*i*i))
done

exit 0

```

Fungsi

```

#!/bin/sh
## Caesar cipher (ROT13)

```

```

rot13 () {
    tr A-Z N-ZA-M
}

uppercase () {
    tr a-z A-Z
}

uppercase | rot13

exit 0

```

Perulangan dan Percabangan

```

#!/bin/sh
## integer divisible by 3 or 5 between 1-100

count=0
for i in $(seq 100); do
    if [ $((i%3 == 0 || i%5 == 0)) -eq 1 ]; then
        count=$((count + 1))
    fi
done
echo $count

```

Latihan

Frekuensi Kata Terbanyak

Buatlah program “topwords” untuk mencetak 5 kata dengan frekuensi terbanyak dari masukan `stdin`!

```

$ man ls | ./topwords
21 of
20 sort
19 by
18 the
16 with

```

Contoh pipeline

1. ubah ke *lowercase*
2. jadikan satu kata satu baris
3. urutkan
4. hitung kemunculan kata yang sama
5. urutkan berdasarkan angka secara menurun
6. ambil 5 baris teratas

Identifikasi Penyerang

Server NCC diserang dari luar melalui *port* SSH. Cek isi *log file* `auth.log.gz`¹ dan identifikasi *n* alamat IP penyerang terbanyak!

¹ <https://lms.ipb.ac.id/mod/folder/view.php?id=28806>

```
$ ./top-ip-attack auth.log.gz 3
116.31.116.52    3859
221.194.47.229  1882
221.194.47.208  1819
```

Contoh pipeline

1. tampilkan *file* log dengan `zcat`
2. ambil baris yang mengandung kata `'Failed'`
3. ekstrak alamat IP tiap baris
4. urutkan
5. hitung kemunculan alamat IP yang sama
6. urutkan berdasarkan angka secara menurun
7. ambil *n* baris teratas

Cek Tugas Email

Bantulah asprak SO untuk mengidentifikasi praktikan yang belum mengumpulkan tugas email. Diberikan *file* `auriza.mbox`², ambil nama *user*-nya, kemudian bandingkan dengan daftar *user* pada *file* `passwd`³!

² <https://lms.ipb.ac.id/mod/folder/view.php?id=28806>

³ <https://lms.ipb.ac.id/mod/folder/view.php?id=28806>

```
$ ./check-no-mail
anni
michaeln
...
```

Contoh pipeline

1. Daftar pengirim email
 1. tampilkan *file* kotak surat
 2. ambil baris yang mengandung kata `'From '`
 3. ekstrak nama *user*
 4. urutkan
 5. hilangkan nama yang berulang
2. Daftar semua *user*
 1. tampilkan *file* `/etc/passwd`
 2. ambil baris yang mengandung kata `'G64'`
 3. ekstrak nama *user*
 4. urutkan
3. Cari bedanya
 1. bandingkan keluaran dua *pipeline* di atas dengan `diff`
 2. sesuaikan format sesuai keluaran yang diminta

Tugas: Spelling Checker⁴

⁴ tugas bersifat **opsional**, plagiasi akan mendapat sanksi berat.

Buatlah program untuk mengecek kesalahan ejaan pada dokumen bahasa Inggris. Gunakan daftar kata pada *file words*⁵ untuk membandingkan ejaan. Lihat video berikut⁶ untuk bantuan *pipeline*-nya. Kumpulkan jawaban di LMS.

```
$ ./myspell sentence
laborotories
priveide
timesharing
unix
```

⁵ `/usr/share/dict/words`

⁶ <https://youtu.be/tc4ROCJYbm0?t=5m58s>

13

Perintah Tambahan

Kompresi

tar

Menyimpan dan mengekstrak *file* dari arsip *tape/disk*.

`tar` [OPTION] [PATHNAME...]

- `-c`: buat arsip baru
- `-x`: ekstrak *file* dari arsip
- `-f` FILE: gunakan FILE ini
- `-C` DIR: ganti ke direktori DIR
- `-z`: filter `gzip`

gzip

Mengompresi *file*.

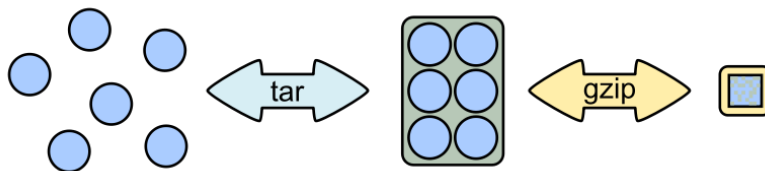
`gzip` [OPTION] [FILE]

gunzip

Mengekstrak *file*.

`gunzip` [OPTION] [FILE]

tar.gz



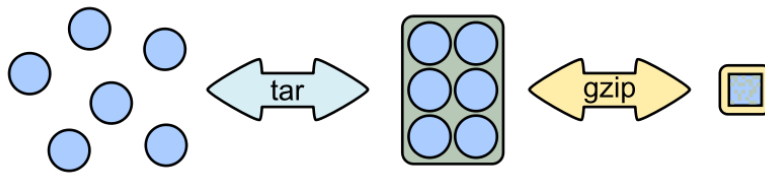
(sumber: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File%3ATargzip.svg>)

compress

```
tar -c "DIR" | gzip > "DIR.tar.gz"
```

extract

```
gunzip < "DIR.tar.gz" | tar -x
```

tar.gz

(sumber: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File%3ATargzip.svg>)

```
## compress
```

```
tar -cz "DIR" -f "DIR.tar.gz"
```

```
## extract
```

```
tar -xzf "DIR.tar.gz"
```

zip

Membungkus dan mengompresi *file*.

```
zip [OPTION] ZIPFILE FILE...
```

- -e: enkripsi
- -r: rekursif

unzip

Mengekstrak *file* arsip ZIP.

```
unzip [OPTION] ZIPFILE
```

- -d DIR: ekstrak ke direktori DIR

gpg

Enkripsi dan tanda tangan digital.

```
gpg [OPTION] [FILE]
```

- -e: enkripsi kunci publik
- -c: enkripsi kunci simetris
- -d: dekripsi

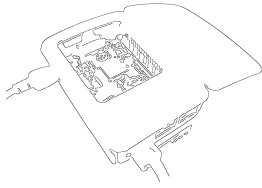
*Konversi**convert*

Konversi format citra, ukuran, *blur*, *crop*, dan sebagainya.

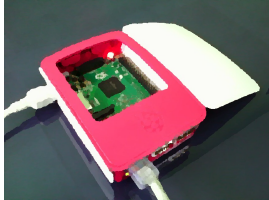
```
convert INFILE [OPTION] OUTFILE
```

- -blur GEOM: mengurangi detail
- -canny GEOM: deteksi tepi Canny
- -equalize: ekualisasi histogram
- -negate: balikan warna
- -normalize: normalisasi jangkauan warna
- -paint RADIUS: efek lukisan minyak
- -resize GEOM: mengubah ukuran

```
convert "rpi.jpg" -canny 2x2 -negate "rpig.png"
```

```
convert "rpi.jpg" -paint 5 "rpip.jpg"
```



avconv

Konversi audio dan video.

```
avconv [IN-OPTION] -i INFILE [OUT-OPTION] OUTFILE
```

- `-b:` *bitrate*
- `-f:` *frame rate*
- `-s:` *frame size*
- `-ss:` waktu awal
- `-t:` waktu durasi
- `-vcodec:` *video codec*
- `-qscale:v:` kualitas video (1 = *best*, 31 = *worst*)

pandoc

Konversi Markdown ke format lainnya (HTML, LaTeX, PDF).

```
pandoc [OPTION] [FILE...]
```

- `-s:` *standalone*, dokumen utuh
- `-t FMT:` format keluaran: `hmtl5`, `beamer`, `revealjs`, ...
- `-o FILE:` tulis keluaran ke FILE
- `--mathjax:` render persamaan matematis

```
echo "# Heading" | pandoc
```

```
## <h1 id="heading">Heading</h1>
```

```
echo "# Heading" | pandoc -t latex
```

```
## \section{Heading}\label{heading}
```

```
pandoc -s "file.md" -o "file.html"
```

```
pandoc "file.md" -o "file.pdf"
```

```
pandoc -t beamer "slide.md" -o "slide.pdf"
```

tesseract

Konversi citra ke teks (*optical character recognition*).

```
tesseract IMAGEFILE OUTFILE
```

- `-l LANG:` bahasa yang digunakan (`eng`, `ind`, `ara`, ...)



```
tesseract -l ind "shalat.jpg" stdout
## Jagalah shalat wajib dan (terutama) shalat 'Ashr
## Quran . Com/21238
```

```
tesseract -l ara "shalat.jpg" stdout
```

espeak

Konversi teks ke suara (*speech synthesizer*).

```
espeak [OPTION] [WORDS]
```

- -p INT: ketebalan suara (0-99)
- -s INT: kecepatan kata per menit
- -v VOICE: jenis suara (en, id, fr, ...)

dot

Konversi teks ke graf.

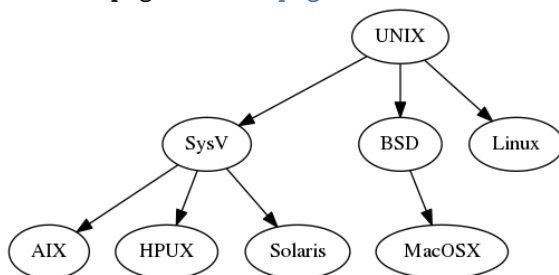
```
dot [OPTION] [FILE]
```

- -Tpng: format keluaran PNG
- -Tsvg: format keluaran SVG

```
echo "
```

```
digraph unix {
    UNIX -> {SysV BSD Linux};
    SysV -> {AIX HPUX Solaris};
    BSD -> MacOSX;
}
```

```
" | dot -Tpng > "unix.png"
```



figlet

Konversi teks ke karakter besar.

```
figlet [OPTION] [MESSAGE]
```

- -c: rata tengah
- -f FONT: pilih jenis *font* (format .flf)
- -w INT: atur lebar keluaran teks

```
figlet "Hello"
```

```

  _ _ _ _
| | | | _ _ | | | _ _
| | _ | / _ \ | | / _ \
| _ | _ _ / | | ( ) |
| _ | | _ \ _ _ | | _ \ _ _ /

```

```
figlet -f block "Hello"
```

```

 _ | _ | _ | _ |
 _ | _ | _ | _ |
 _ | _ | _ | _ |
 _ | _ | _ | _ |
 _ | _ | _ | _ |

```

Info Sistem

lscpu

Menampilkan informasi tentang arsitektur CPU.

```
lscpu
```

lshw

Menampilkan informasi konfigurasi perangkat keras.

```
lshw [OPTION]
```

- **-short**: format pendek
- **-html**: format HTML

lspci

Menampilkan informasi semua perangkat PCI.

```
lspci [OPTION]
```

- **-k**: tampilkan *driver* kernel yang menangani perangkat
- **-v**: tampilkan informasi detail
- **-vv**: tampilkan informasi lebih detail

lsusb

Menampilkan informasi perangkat USB.

```
lsusb [OPTION]
```

- **-t**: tampilkan pohon hierarki perangkat
- **-v**: tampilkan informasi detail

lsblk

Menampilkan informasi perangkat blok.

```
lsblk [OPTION]
```

- **-m**: tampilkan pemilik dan mode
- **-t**: tampilkan topologi perangkat blok

lslocks

Menampilkan daftar kunci yang sedang dipegang.

`lslocks` [OPTION]

- `-p` PID: tampilkan proses ini saja

lsof

Menampilkan daftar *file* yang sedang dibuka.

`lsof` [OPTION] [FILENAME]

- `-p` PID: tampilkan proses ini saja
- `-u` USER: tampilkan proses dari *user* ini saja
- `-i`: tampilkan soket Internet
- `-U`: tampilkan soket UNIX

df

Menampilkan sisa ruang disk.

`df` [OPTION]

- `-a`: tampilkan semua *filesystem*
- `-h`: tampilkan dalam format *human-readable*
- `-i`: tampilkan informasi inode
- `-T`: tampilkan tipe *filesystem*

du

Menampilkan perkiraan penggunaan disk.

`du` [OPTION] [FILE]

- `-d` N: tingkat kedalaman direktori
- `-h`: tampilkan dalam format *human-readable*
- `-s`: tampilkan totalnya saja
- `--inodes`: tampilkan informasi inode

free

Menampilkan besar memori yang kosong dan terpakai.

`free` [OPTION]

- `-h`: tampilkan dalam format *human-readable*

vmstat

Menampilkan statistik *virtual memory*.

`vmstat` [OPTION] [DELAY]

- `-d`: tampilkan statistik disk
- `-s`: tampilkan total statistik memori
- `-w`: mode tampilan lebar
- `-S` M: unit keluaran dalam mega

bmon

Monitor *bandwidth* jaringan.

`bmon` [OPTION]

- `-p` IF: tampilkan *network interface* ini saja