

Mekanisme/Metode Menjamin *Integrity* Pada File Digital dan Analisis Algoritmanya

Aaron Christopher Tanhar (07211940000055)
Departemen Teknik Komputer
Fakultas Teknologi Elektro dan Informatika Cerdas
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya, Indonesia 60111
christopher.19072@mhs.its.ac.id

Abstrak—Integritas dari sebuah File Digital merupakan salah satu aspek penting dari sekuriti sistem komputer. Terdapat istilah yang dinamakan dengan File Integrity Monitoring (FIM) yang merupakan sebuah proses yang melakukan tindakan validasi dari sebuah File pada Operating System dan software aplikasi menggunakan metode verifikasi antara state atau keadaan yang terkini dengan state yang diketahui atau sebelumnya. Tentu saja hal tersebut penting untuk dilakukan sehingga file-file yang selalu kita transmisikan baik melalui lokal komputer dan melalui nirkabel akan selalu terjamin isinya sehingga tidak korup. Apabila tidak demikian maka mungkin dapat terjadi kerusakan atau pemalsuan data. Maka pada makalah ini saya melakukan riset terhadap metode yang dapat menjamin integritas pada file digital di sistem komputer.

Kata kunci—*Integrity, Security, Komputer, File.*

I. PENDAHULUAN

Integritas dari File Digital merupakan salah satu aspek penting dari sekuriti sistem komputer. File adalah aspek penting dari sebuah OS karena digunakan untuk melakukan I/O serta interaksi user dengan OS [1]. Pada *UNIX-like OS* sendiri file adalah segalanya, dan segalanya adalah file, seperti yang dikatakan oleh perintis Kernel Linux, Linus Torvalds [2]. Maka dari itu, file ini penting sekali untuk dilindungi untuk menjaga integritas dan *availability* dari *service* yang dilakukan oleh file yang bersangkutan tersebut. Menjaga integritas file penting dilakukan masa kini karena banyaknya instruksi dan data pada komputer. Terdapat beberapa faktor yang dapat menyebabkan terjadinya modifikasi data yang tidak terduga maupun yang tidak *authorized*. Sebuah data atau file dapat menjadi korup apabila terjadi malfungsi pada *hardware* atau *software*. Disk yang digunakan pada komputer bisa saja menjadi penyebab. Error pada disk merupakan sesuatu yang lumrah terjadi [3] dan biasanya *software* penyimpanan tidak didesain untuk menangani error tersebut. Bahkan dengan kesalahan integritas kecil sekalipun, yang tidak dapat dideteksi oleh *software* dengan tepat waktu, dapat membuat hilangnya data secara signifikan.

Terdapat beberapa cara atau metode untuk menjamin integritas dari sebuah file. *Parity Bit* atau biasa juga disebut dengan *Check Bit* adalah bentuk sederhana dari *error detecting code*. Error detecting code ini biasa digunakan untuk melakukan transmisi digital data yang *reliable* dengan menggunakan kanal komunikasi yang *unreliable*. Semua bentuk error detection akan menambahkan beberapa data ekstra pada pesan, yang

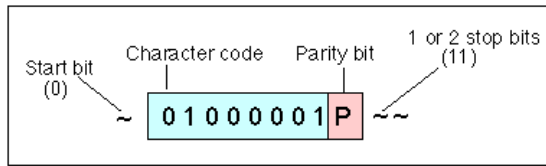
dapat digunakan oleh penerima untuk melakukan verifikasi dari konsistensi pada pesan tersebut. Parity bit akan memastikan bahwa jumlah total dari 1-bit pada sebuah string adalah ganjil atau genap [4].

Pembahasan pada paper ini dimulai dengan presentasi mengenai penelitian lain (Bagian II). Kemudian dilanjutkan dengan penjelasan mengenai arsitektur dari sistem yang dibuat (Bagian III). Berdasarkan hal tersebut, kami menunjukkan *lorem ipsum* (Bagian IV). Terakhir, didapatkan kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan (Bagian V).

II. PARITY BIT

Hasil tersebut kemudian menjadi persamaan. Pada ilmu Matematika, paritas merupakan sebuah properti dari sebuah *integer* yang menentukan apabila *integer* tersebut ganjil atau genap. Sebuah paritas dari bilangan bulat adalah genap apabila jika bilangan tersebut dapat dibagi dengan dua dan sisanya adalah nol. Sebaliknya jika sisanya satu maka paritasnya adalah ganjil. *Parity Bit* atau biasa juga disebut dengan *Check Bit* adalah bentuk sederhana dari *error detecting code*. Error detecting code ini biasa digunakan untuk melakukan transmisi digital data yang *reliable* dengan menggunakan kanal komunikasi yang *unreliable*. Semua bentuk error detection akan menambahkan beberapa data ekstra pada pesan, yang dapat digunakan oleh penerima untuk melakukan verifikasi dari konsistensi pada pesan tersebut. *Parity bit* akan memastikan bahwa jumlah total dari 1-bit pada sebuah string adalah ganjil atau genap [4].

Terdapat dua varian dari bit paritas, paritas genap dan paritas ganjil. Pada kasus paritas genap, untuk setiap bit dari string yang diberikan, jumlah bit yang bernilai 1 akan dihitung. Apabila jumlahnya ganjil, maka nilai dari bit paritas akan diatur menjadi 1, yang membuat total bit 1 menjadi bernilai genap. Sebaliknya, jika jumlah dari bit 1 pada awalnya sudah genap, maka bit paritas akan diatur menjadi 0. Pada kasus paritas ganjil, prosedurnya akan berkebalikan. Untuk setiap bit dari string yang diberikan, jumlah bit yang bernilai 1 akan dihitung. Apabila jumlahnya genap, maka nilai dari bit paritas akan diatur menjadi 1, yang membuat total bit 1 menjadi bernilai ganjil. Sebaliknya, jika jumlah dari bit 1 pada awalnya sudah ganjil, maka bit paritas akan diatur menjadi 0.



Gambar 1. Struktur parity bit

Tabel I
CONTOH BIT PARITAS

7 bits of data	Count of 1 bits	8 bits including parity	
		even	odd
0000000	0	00000000	00000001
1010001	3	10100011	10100010
1101001	4	11010010	11010011
1111111	7	11111111	11111110

Apabila sebuah string yang berisi bit-bit paritas ditransmisikan secara tidak benar atau korup, maka bit paritasnya akan salah. Hal tersebut mengindikasikan terjadinya *parity error* saat transmisi. Bit paritas ini hanya bisa mendeteksi adanya error; tidak dapat melakukan koreksi error pada file yang terjadi, karena tidak ada mekanisme yang memungkinkan bit paritas untuk mengetahui bit yang mana yang korup. Lalu apabila meninjau Tabel I, dapat diketahui bahwa bit paritas ini memiliki kelemahan. Bit paritas hanya mengecek jumlah bit ganjil atau genap tanpa meninjau jumlah asli bitnya. Hal ini mengakibatkan terjadinya kegagalan dalam menangkap error pada data. Sebagai contoh, jika A ingin mengirim data 1001 dengan paritas genap maka bit paritasnya adalah 0 sehingga yang ditransmisikan ke B adalah 10010. Terjadi error pada transmisi, sehingga yang sampai ke B adalah 11011. Akan tetapi, B menghitung jumlah bit dan mendapati genap, sehingga B akan menganggap data tersebut benar walaupun sebenarnya salah.

```
def even_parity(x):
    parity = 0
    while x:
        parity ^= x & 1
        x >>= 1
    return parity
```

Listing 1. Program perhitungan bit paritas genap.

Potongan kode pada Listing 1 diatas adalah contoh kode yang berfungsi menemukan bit paritas genap. Untuk bit paritas ganjil tinggal mengganti inisialisasi variabel parity menjadi 1. Inputnya adalah *integer* yang bisa kita jadikan biner dulu, seperti 0b10001.

Suspendisse vel felis. Ut lorem lorem, interdum eu, tincidunt sit amet, laoreet vitae, arcu. Aenean faucibus pede eu ante. Praesent enim elit, rutrum at, molestie non, nonummy vel, nisl. Ut lectus eros, malesuada sit amet, fermentum eu, sodales cursus, magna. Donec eu purus. Quisque vehicula, urna sed ultricies auctor, pede lorem egestas dui, et convallis elit erat sed nulla. Donec luctus. Curabitur et nunc. Aliquam

dolor odio, commodo pretium, ultricies non, pharetra in, velit. Integer arcu est, nonummy in, fermentum faucibus, egestas vel, odio.

Sed commodo posuere pede. Mauris ut est. Ut quis purus. Sed ac odio. Sed vehicula hendrerit sem. Duis non odio. Morbi ut dui. Sed accumsan risus eget odio. In hac habitasse platea dictumst. Pellentesque non elit. Fusce sed justo eu urna porta tincidunt. Mauris felis odio, sollicitudin sed, volutpat a, ornare ac, erat. Morbi quis dolor. Donec pellentesque, erat ac sagittis semper, nunc dui lobortis purus, quis congue purus metus ultricies tellus. Proin et quam. Class aptent taciti sociosqu ad litora torquent per conubia nostra, per inceptos hymenaeos. Praesent sapien turpis, fermentum vel, eleifend faucibus, vehicula eu, lacus.

III. CHECKSUM

Sebuah checksum merupakan suatu blok data berukuran kecil yang diperoleh dari blok data digital yang lainnya. Checksum memiliki tujuan untuk mendeteksi error yang mungkin saja terjadi ketika melakukan transmisi data pada memori maupun internet. Checksum biasanya digunakan untuk verifikasi *integrity* dari sebuah data, dengan kata lain apakah datanya sudah dimodifikasi setelah checksum dibuat. Output dari sebuah algoritma fungsi *hash cryptographic*, yang biasa disebut *hashes* atau *digest* digunakan sebagai checksum. Checksum biasanya direpresentasikan dengan menggunakan string hexadecimal (e.g., 69fac420b...), ukurannya berkisar antara 32 sampai 128 digit. Fungsi *hash cryptographic* ini memiliki tiga properti utama, yakni pre-image resistance, second pre-image resistance, dan collision resistance [5]. Fungsi *hash cryptographic* yang sering digunakan adalah MD5, SHA-1, dan SHA-2. MD5 merupakan salah satu fungsi *hash cryptographic* pertama yang dicanangkan. Namun pada akhir 1990an, algoritma tersebut mulai ditinggalkan karena berhasil dirusak sehingga tidak baik untuk keamanan. SHA-1 direkomendasikan oleh National Institute of Standards and Technology (NIST) sampai pada tahun 2015, algoritmanya terbobol. Sekarang, SHA-2 menjadi algoritma terpopuler yang direkomendasikan NIST untuk melakukan verifikasi integritas file [6].

A. MD5

Sebuah *MD5 message-digest algorithm* adalah hash function yang *cryptographically broken* tapi masih sering digunakan untuk membuat nilai hash 128 bit. *Cryptographically broken* maksudnya adalah secara security sudah tidak aman atau *vulnerable*. Pada awalnya, MD5 didesain sebagai fungsi *hash cryptographic*, namun ditemukan banyak vulnerability pada MD5, yang membuat algoritma ini ditinggalkan. MD5 masih bisa digunakan untuk melakukan verifikasi integritas data, namun hanya untuk mengecek kerusakan data yang tidak disengaja. MD5 masih cocok digunakan untuk hal-hal non kriptografik, seperti menentukan partisi dari kunci tertentu pada database yang sudah dipartisi, dan juga beberapa orang masih memilih menggunakan MD5 daripada *Secure Hash Algorithm* (SHA) karena beban komputasi yang lebih ringan [7]. MD5 didesain oleh Ronald Rivest tahun 1991 untuk

menggantikan MD4, dan dispesifikasikan pada tahun 1992 sebagai RFC 1321. Salah satu kebutuhan dasar dari fungsi *hash cryptographic* adalah harus secara komputasional tidak mungkin ditemukan dua buah data yang berbeda dan memiliki nilai hash yang sama. MD5 gagal melakukan hal tersebut dan berdampak cukup fatal. Pada tahun 2019, MD5 tetaplah secara luas digunakan, meskipun kelemahan yang dimiliki sudah banyak didokumentasikan oleh para ahli security [8]. Sebuah *collision attack* dengan menggunakan komputer 2.6 GHz Pentium 4 dapat menemukan collision pada MD5 dalam hitungan detik. MD5 menggunakan *Merkle–Damgård construction*, jadi jika dua prefix dengan hash yang sama dapat dibuat, maka suffix umum dapat ditambahkan pada keduanya untuk membuat collision yang terjadi dapat diterima dan dianggap valid pada aplikasi yang menggunakannya.

MD5 digest sudah digunakan secara luas pada dunia perangkat lunak untuk memberikan sebuah jaminan dimana file yang ditransmisikan telah tiba dan datanya sama dengan data yang asli. Sebagai contoh, file pada server-server umumnya menyediakan MD5sum yang sudah dikomputasi untuk file tertentu, sehingga user yang mengunduh file tersebut dapat membandingkan apakah file yang diterima sama dan utuh dengan file asli yang terdapat pada server. Kebanyakan UNIX-based system menggunakan MD5sum pada package manager-nya. ROM pada Android juga menggunakan checksum jenis MD5 ini. MD5 juga biasa digunakan untuk hashing password satu arah, namun NIST tidak merekomendasikan MD5 untuk keperluan ini

pesan. Kemudian bit ini diikuti dengan nol sebanyak yang dibutuhkan untuk membuat panjang message kurang dari 64 bit dari kelipatan 512. Bit sisa yang panjangnya 64 bit diisi dengan 64 bit yang merepresentasikan panjang pesan mulanya, modulo 2.

```
import hashlib

file_name = 'filename.exe'

original_md5 = '6941402abc4b2a76b9719d911420c592'

with open(file_name) as file_to_check:
    data = file_to_check.read()
    md5_returned = hashlib.md5(data).hexdigest()

if original_md5 == md5_returned:
    print('MD5_verified.')
else:
    print('MD5_verification_failed!')
```

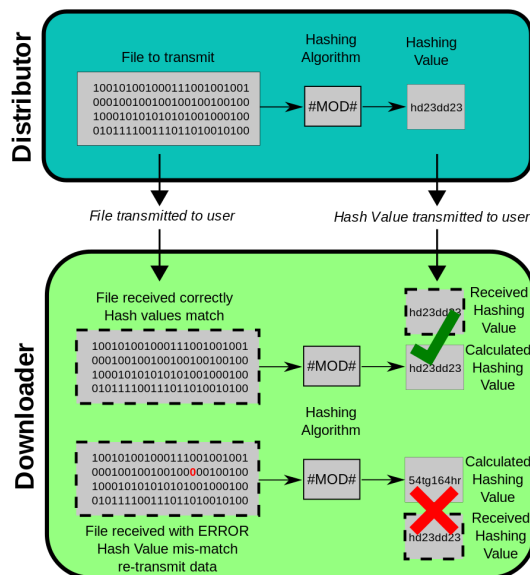
Listing 2. Program python sederhana untuk cek md5sum

Pada Listing 2 adalah contoh program python sederhana untuk melakukan checksum menggunakan MD5. Program tersebut menggunakan library bawaan bernama hashlib.

B. SHA-1

SHA-1 merupakan fungsi *hash cryptographic* yang menerima input lalu akan mengeluarkan output 160-bit (20 byte) nilai hash yang dikenal sebagai *message digest*, yang biasanya adalah angka hexadesimal dengan panjang 40 digit. SHA-1 dibuat oleh NSA, badan keamanan Amerika. Sejak tahun 2005, SHA sudah tidak dianggap aman oleh badan-badan keamanan [9]. NIST secara formal tidak memperbolehkan penggunaan SHA pada tahun 2013. Penggantian SHA-1 terbilang urgent pada penggunaannya dalam digital signature seperti SSL certificate. Semua web browser populer tidak menerima sertifikat SSL SHA-1 pada tahun 2017 [10, 11]. SHA-1 memproduksi message digest dan prinsipnya mirip dengan MD5, namun membuat nilai hash yang lebih besar (160 bit vs 128 bit). Version control system seperti Git, Mercurial, dan Monotone menggunakan SHA-1 bukan untuk sekuriti, namun untuk pengecekan revisi dan untuk menjamin datanya tidak berubah karena korup yang tidak disengaja.

Untuk hash function yang mana L adalah jumlah bit di message digest, menemukan message yang sesuai dengan message digest dapat selalu dilakukan dengan metode *brute force* yang kira-kira dilakukan 2^L iterasi. Ini dinamakan preimage attack dan mungkin bekerja mungkin juga tidak tergantung dari L dan kekuatan komputasi dari komputer. Akan tetapi, sebuah *collision*, yang terdiri dari menemukan dua pesan berbeda yang menghasilkan message digest yang sama memerlukan kurang lebih $1.2 \times 2^{L/2}$ iterasi apabila menggunakan birthday attack. Beberapa aplikasi yang menggunakan cryptographic hashes, seperti penyimpanan password, tidak terlalu terdampak oleh collision attack. Membuat password yang bekerja untuk suatu akun membutuhkan preimage attack, dan juga akses ke hash



Gambar 2. File transmisi dengan hashing

MD5 akan memproses pesan yang memiliki panjang bervariasi menjadi output dengan panjang 128 bit. Pesan masukan dipecah menjadi block-block 512 bit, dan pada pesan dilakukan padding agar panjangnya dapat dibagi dengan 512. Cara paddingnya adalah: pertama, satu bit, 1 ditambah pada akhir

Tabel II
CONTOH TABEL SEDERHANA

Heading1	Heading2	Heading3
One Four	Two Five	Three Six

pada password originalnya. Pada kasus tanda tangan dokumen, attacker tidak dapat langsung memalsukan signature dari dokumen yang sudah ada. Attacker harus membuat sepasang dokumen, satu yang tidak merusak, dan satu untuk merusak, dan membuat pemegang *private key* untuk menandatangani dokumen yang tidak merusak.

```
import hashlib

file_name = 'filename.exe'

original_shal = ('d1e67b8819b009ec6942033'
                 'b6fc1928dd64b5df31bcde63'
                 '81b9d3f90488d25324049046'
                 '0c0a5a1a873da8236c12ef969')

with open(file_name) as file_to_check:
    data = file_to_check.read()
    shal_returned = hashlib.shal(data).hexdigest()

if original_shal == shal_returned:
    print('SHA-1_verified.')
else:
    print('SHA-1_verification_failed!')
```

Listing 3. Program python sederhana untuk cek shalsum

Pada Listing 3 adalah contoh program python sederhana untuk melakukan checksum menggunakan algoritma SHA-1. Program tersebut menggunakan library bawaan bernama hashlib.

C. Lorem Ipsum

Sed feugiat. Cum sociis natoque penatibus et magnis dis parturient montes, nascetur ridiculus mus. Ut pellentesque augue sed urna. Vestibulum diam eros, fringilla et, consectetur eu, nonummy id, sapien. Nullam at lectus. In sagittis ultrices mauris. Curabitur malesuada erat sit amet massa. Fusce blandit. Aliquam erat volutpat. Aliquam euismod. Aenean vel lectus. Nunc imperdiet justo nec dolor.

```
#include <iostream>

int main() {
    std::cout << "Halo_Dunia!";
    return 0;
}
```

Listing 4. Program halo dunia.

Etiam euismod. Fusce facilisis lacinia dui. Suspendisse potenti. In mi erat, cursus id, nonummy sed, ullamcorper

eget, sapien. Praesent pretium, magna in eleifend egestas, pede pede pretium lorem, quis consectetur tortor sapien facilisis magna. Mauris quis magna varius nulla scelerisque imperdiet. Aliquam non quam. Aliquam porttitor quam a lacus. Praesent vel arcu ut tortor cursus volutpat. In vitae pede quis diam bibendum placerat. Fusce elementum convallis neque. Sed dolor orci, scelerisque ac, dapibus nec, ultricies ut, mi. Duis nec dui quis leo sagittis commodo.

- 1) Aliquam lectus. Vivamus leo. Quisque ornare tellus ullamcorper nulla. Mauris porttitor pharetra tortor.
- 2) Sed fringilla justo sed mauris. Mauris tellus. Sed non leo. Nullam elementum, magna in cursus sodales, augue est scelerisque sapien, venenatis congue nulla arcu et pede.
- 3) Ut suscipit enim vel sapien. Donec congue. Maecenas urna mi, suscipit in, placerat ut, vestibulum ut, massa. Fusce ultrices nulla et nisl.

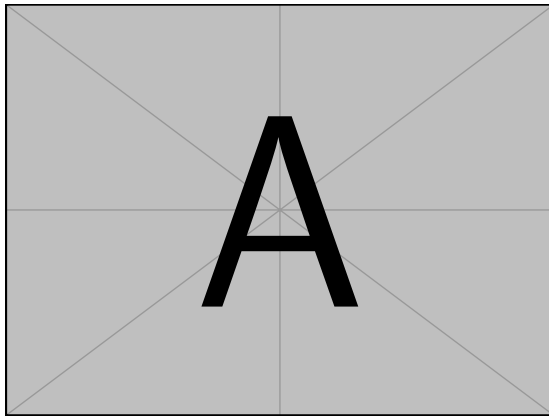
Etiam ac leo a risus tristique nonummy. Donec dignissim tincidunt nulla. Vestibulum rhoncus molestie odio. Sed lobortis, justo et pretium lobortis, mauris turpis condimentum augue, nec ultricies nibh arcu pretium enim. Nunc purus neque, placerat id, imperdiet sed, pellentesque nec, nisl. Vestibulum imperdiet neque non sem accumsan laoreet. In hac habitasse platea dictumst. Etiam condimentum facilisis libero. Suspendisse in elit quis nisl aliquam dapibus. Pellentesque auctor sapien. Sed egestas sapien nec lectus. Pellentesque vel dui vel neque bibendum viverra. Aliquam porttitor nisl nec pede. Proin mattis libero vel turpis. Donec rutrum mauris et libero. Proin euismod porta felis. Nam lobortis, metus quis elementum commodo, nunc lectus elementum mauris, eget vulputate ligula tellus eu neque. Vivamus eu dolor.

Nulla in ipsum. Praesent eros nulla, congue vitae, euismod ut, commodo a, wisi. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Aenean nonummy magna non leo. Sed felis erat, ullamcorper in, dictum non, ultricies ut, lectus. Proin vel arcu a odio lobortis euismod. Vestibulum ante ipsum primis in faucibus orci luctus et ultrices posuere cubilia Curae; Proin ut est. Aliquam odio. Pellentesque massa turpis, cursus eu, euismod nec, tempor congue, nulla. Duis viverra gravida mauris. Cras tincidunt. Curabitur eros ligula, varius ut, pulvinar in, cursus faucibus, augue.

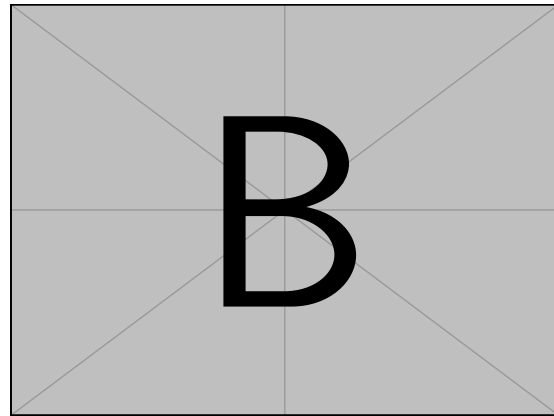
IV. LOREM IPSUM

Nulla mattis luctus nulla. Duis commodo velit at leo. Aliquam vulputate magna et leo. Nam vestibulum ullamcorper leo. Vestibulum condimentum rutrum mauris. Donec id mauris. Morbi molestie justo et pede. Vivamus eget turpis sed nisl cursus tempor. Curabitur mollis sapien condimentum nunc. In wisi nisl, malesuada at, dignissim sit amet, lobortis in, odio. Aenean consequat arcu a ante. Pellentesque porta elit sit amet orci. Etiam at turpis nec elit ultricies imperdiet. Nulla facilisi. In hac habitasse platea dictumst. Suspendisse viverra aliquam risus. Nullam pede justo, molestie nonummy, scelerisque eu, facilisis vel, arcu.

Curabitur tellus magna, porttitor a, commodo a, commodo in, tortor. Donec interdum. Praesent scelerisque. Maecenas



(a) Hasil A



(b) Hasil B

Gambar 3. Contoh input beberapa gambar.

posuere sodales odio. Vivamus metus lacus, varius quis, imperdiet quis, rhoncus a, turpis. Etiam ligula arcu, elementum a, venenatis quis, sollicitudin sed, metus. Donec nunc pede, tincidunt in, venenatis vitae, faucibus vel, nibh. Pellentesque wisi. Nullam malesuada. Morbi ut tellus ut pede tincidunt porta. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam congue neque id dolor.

Donec et nisl at wisi luctus bibendum. Nam interdum tellus ac libero. Sed sem justo, laoreet vitae, fringilla at, adipiscing ut, nibh. Maecenas non sem quis tortor eleifend fermentum. Etiam id tortor ac mauris porta vulputate. Integer porta neque vitae massa. Maecenas tempus libero a libero posuere dictum. Vestibulum ante ipsum primis in faucibus orci luctus et ultrices posuere cubilia Curae; Aenean quis mauris sed elit commodo placerat. Class aptent taciti sociosqu ad litora torquent per conubia nostra, per inceptos hymenaeos. Vivamus rhoncus tincidunt libero. Etiam elementum pretium justo. Vivamus est. Morbi a tellus eget pede tristique commodo. Nulla nisl. Vestibulum sed nisl eu sapien cursus rutrum.

```
def apakahBilanganPrima(nilai):
    if nilai > 1:
        for i in range(2, nilai):
            if (nilai % i) == 0:
                return False
        else:
            return True
    else:
        return False
```

Listing 5. Program perhitungan bilangan prima.

Nulla non mauris vitae wisi posuere convallis. Sed eu nulla nec eros scelerisque pharetra. Nullam varius. Etiam dignissim elementum metus. Vestibulum faucibus, metus sit amet mattis rhoncus, sapien dui laoreet odio, nec ultricies nibh augue a enim. Fusce in ligula. Quisque at magna et nulla commodo consequat. Proin accumsan imperdiet sem. Nunc porta. Donec feugiat mi at justo. Phasellus facilisis ipsum quis ante. In ac

elit eget ipsum pharetra faucibus. Maecenas viverra nulla in massa.

Nulla ac nisl. Nullam urna nulla, ullamcorper in, interdum sit amet, gravida ut, risus. Aenean ac enim. In luctus. Phasellus eu quam vitae turpis viverra pellentesque. Duis feugiat felis ut enim. Phasellus pharetra, sem id porttitor sodales, magna nunc aliquet nibh, nec blandit nisl mauris at pede. Suspendisse risus risus, lobortis eget, semper at, imperdiet sit amet, quam. Quisque scelerisque dapibus nibh. Nam enim. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Nunc ut metus. Ut metus justo, auctor at, ultrices eu, sagittis ut, purus. Aliquam aliquam.

V. KESIMPULAN

Etiam pede massa, dapibus vitae, rhoncus in, placerat posuere, odio. Vestibulum luctus commodo lacus. Morbi lacus dui, tempor sed, euismod eget, condimentum at, tortor. Phasellus aliquet odio ac lacus tempor faucibus. Praesent sed sem. Praesent iaculis. Cras rhoncus tellus sed justo ullamcorper sagittis. Donec quis orci. Sed ut tortor quis tellus euismod tincidunt. Suspendisse congue nisl eu elit. Aliquam tortor diam, tempus id, tristique eget, sodales vel, nulla. Praesent tellus mi, condimentum sed, viverra at, consectetur quis, lectus. In auctor vehicula orci. Sed pede sapien, euismod in, suscipit in, pharetra placerat, metus. Vivamus commodo dui non odio. Donec et felis.

Etiam suscipit aliquam arcu. Aliquam sit amet est ac purus bibendum congue. Sed in eros. Morbi non orci. Pellentesque mattis lacinia elit. Fusce molestie velit in ligula. Nullam et orci vitae nibh vulputate auctor. Aliquam eget purus. Nulla auctor wisi sed ipsum. Morbi porttitor tellus ac enim. Fusce ornare. Proin ipsum enim, tincidunt in, ornare venenatis, molestie a, augue. Donec vel pede in lacus sagittis porta. Sed hendrerit ipsum quis nisl. Suspendisse quis massa ac nibh pretium cursus. Sed sodales. Nam eu neque quis pede dignissim ornare. Maecenas eu purus ac urna tincidunt congue.

Donec et nisl id sapien blandit mattis. Aenean dictum odio sit amet risus. Morbi purus. Nulla a est sit amet purus venenatis

iaculis. Vivamus viverra purus vel magna. Donec in justo sed odio malesuada dapibus. Nunc ultrices aliquam nunc. Vivamus facilisis pellentesque velit. Nulla nunc velit, vulputate dapibus, vulputate id, mattis ac, justo. Nam mattis elit dapibus purus. Quisque enim risus, congue non, elementum ut, mattis quis, sem. Quisque elit.

PUSTAKA

- [1] W. Stalling, *Operating Systems: Internals and Design Principles, Seventh Edition*. New York: Prentice Hall, 2012.
- [2] "Everything is a file descriptor or a process," 2015. [Online]. Available: https://yarchive.net/comp/linux/everything_is_file.html
- [3] V. Prabhakaran, N. Agrawal, L. N. Bairavasundaram, H. S. Gunawi, A. C. Arpaci-Dusseau, and R. H. Arpaci-Dusseau, "Iron file systems," in *Proceedings of the 20th ACM Symposium on Operating Systems Principles (SOSP '05)*, 2005.
- [4] W. H. RodgerE, Ziemer; Tranter, *Principles of communication : systems, modulation, and noise*. New Jersey: Hoboken, 2015.
- [5] B. Preneel, "Cryptographic hash functions," *Transactions on Emerging Telecommunications Technologies*, 1994.
- [6] "Nist policy on hash functions," 2015. [Online]. Available: <https://csrc.nist.gov/projects/hash-functions/nist-policy-on-hash-functions>
- [7] M. Kleppmann, *Designing Data-Intensive Applications: The Big Ideas Behind Reliable, Scalable, and Maintainable Systems*, 1st ed. O'Reilly Media, 2017.
- [8] "A quarter of major cmss use outdated md5 as the default password hashing scheme," 2019. [Online]. Available: <https://www.zdnet.com/article/a-quarter-of-major-cmss-use-outdated-md5-as-the-default-password-hashing-scheme/>
- [9] "Schneier on security: Cryptanalysis of sha-1," 2005. [Online]. Available: https://www.schneier.com/blog/archives/2005/02/cryptanalysis_o.html
- [10] "The end of sha-1 on the public web," 2019. [Online]. Available: <https://blog.mozilla.org/security/2017/02/23/the-end-of-sha-1-on-the-public-web/>
- [11] "Google will drop sha-1 encryption from chrome by january 1, 2017," 2015. [Online]. Available: <https://venturebeat.com/2015/12/18/google-will-drop-sha-1-encryption-from-chrome-by-january-1-2017/>