



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER (ITS)
FAKULTAS TEKNOLOGI ELEKTRO DAN INFORMATIKA CERDAS
DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRO
Program Studi Sarjana (S1) Teknik Telekomunikasi

1	Nama Mata Kuliah / Course Name	: Komputasi Kuantum dan Informasi Kuantum Informasi / <i>Quantum Computation & Information</i>
2	Kode Mata Kuliah / Course Code	: EL234713
3	Kredit / Credits	: 3 SKS
4	Semester / Semester	: Pilihan / Elective Course

Deskripsi Mata Kuliah / Course Description

Komputasi kuantum telah ditunjukkan secara teoritis mempunyai keunggulan yang signifikan dibanding komputasi klasik dan hal ini berpotensi diterapkan pada berbagai bidang: kriptografi, machine learning, finansial, simulasi fenomena alam yang kompleks dll. Sebagai sinergi dari fisika kuantum, komputasi dan teori informasi, bidang ini mengalami perkembangan yang pesat, yang ditandai antara lain diumumkannya komputer 127 qubit oleh IBM pada Oktober 2021, dan semakin banyaknya perusahaan baru didirikan untuk mengembangkan teknologi ini. Pada beberapa tahun terakhir telah dibangun berbagai komputer kuantum pada tahap awal yang dapat diakses oleh publik. Hal ini berdampak dibutuhkannya tenaga kerja di bidang ICT yang relatif baru ini, antara lain: programmer, engineer dan peneliti di bidang komputasi kuantum.

Pada mata kuliah ini akan dipelajari prinsip-prinsip komputasi dan representasi informasi berbasis mekanika kuantum. Topik-topik yang akan dibahas antara lain: qubit, ruang Hilbert, entanglement, superposition, reversible circuit, kompleksitas komputasi, gerbang logika kuantum, algoritma Grover, algoritma Shor, quantum error-correction dan dasar arsitektur komputer kuantum. Selain itu mahasiswa juga akan mempelajari simulasi komputasi kuantum dan pemrogramannya dengan Qiskit pada komputer kuantum IBM.

Quantum computing has been theoretically shown to have significant advantages over classical computing and has the potential to be applied in various fields such as cryptography, machine learning, finance, simulation of complex natural phenomena, etc. As a synergy of quantum physics, computation, and information theory, this field has experienced rapid development, as evidenced by the announcement of a 127-qubit computer by IBM in October 2021, and the increasing number of new companies being established to develop this technology. In recent years, various early-stage quantum computers have been built that can be accessed by the public. This has led to a demand for workers in the relatively new field of ICT, including programmers, engineers, and researchers in quantum computing.

This course will cover the principles of quantum computing and information representation based on quantum mechanics. Topics to be covered include qubits, Hilbert space, entanglement, superposition, reversible circuits, computational complexity, quantum logic gates, the Grover algorithm, the Shor algorithm, quantum error-correction, and the basics of quantum computer architecture. In addition, students will learn about quantum computing simulation and programming using Qiskit on an IBM quantum computer.

Capaian Pembelajaran Lulusan (CPL) Yang Dibebankan Mata Kuliah / Program Learning Outcomes Charged to The Course

1. (CPL-02) Mampu mengkaji dan memanfaatkan ilmu pengetahuan dan teknologi dalam rangka mengaplikasikannya pada bidang Teknik Telekomunikasi, serta mampu mengambil keputusan secara tepat dari hasil kerja sendiri maupun kerja kelompok dalam bentuk laporan tugas akhir atau bentuk kegiatan pembelajaran lain yang luarannya setara dengan tugas akhir melalui pemikiran logis, kritis, sistematis dan inovatif.
(PLO-02) Be able to study and utilize science and technology in order to apply it to the field (study program expertise), and able to make appropriate decisions from the results of their own work or group work in the form of a final project report or other forms of learning activities whose output is equivalent to a final project through logical, critical, systematic, and innovative thinking.*

2. (CPL-04) Mampu menerapkan ilmu pengetahuan alam dan matematika serta teknologi dan rekayasa informasi untuk memperoleh pemahaman komprehensif pada bidang Teknik Telekomunikasi.
(PLO-04) Able to apply knowledge of sciences, mathematics, and information technology to acquire comprehensive understanding of engineering principles in Telecommunication Engineering

3. (CPL-08) Mampu mengetahui dan mengaplikasi metode dan keahlian sesuai perkembangan terkini di bidang ilmu pengetahuan dan teknologi untuk menyelesaikan permasalahan di bidang Teknik Telekomunikasi dengan mengedepankan nilai-nilai universal
(PLO-08) Able to know and apply methods, skills according to the latest developments in the field of science and technology to solve electrical engineering problems by prioritizing universal values

Capaian Pembelajaran Mata Kuliah / Course Learning Outcomes

1. Mampu menjelaskan prinsip dan konsep dasar mekanika kuantum dan 4 postulat yang terkait informasi kuantum / *Able to explain the principles and basic concepts of quantum mechanics and the 4 postulates related to quantum information.*
2. Mampu menjelaskan quantum state sebagai qubit, baik dalam bentuk tunggal dan ganda, evolusinya; Mampu menjelaskan gerbang kuantum, rangkaian kuantum / *Able to explain quantum state as a qubit, both in single and multiple forms, its evolution; able to explain quantum gates, quantum circuits.*
3. Mampu menjelaskan algoritma-algoritma kuantum yang diusulkan, antara lain: algoritma Grover, algoritma Shor, Quantum Fourier Transform, quantum key distribution. / *Able to explain proposed quantum algorithms, including Grover's*

algorithm, Shor's algorithm, Quantum Fourier Transform, quantum key distribution.

4. Mampu memprogram rangkaian kuantum dan algoritma tertentu, baik secara simulasi dan pada kuantum komputer riil / *Able to program quantum circuits and specific algorithms, both in simulation and on real quantum computers.*
5. Mampu menjelaskan teknologi-teknologi kuantum yang digunakan untuk membangun komputer kuantum / *Able to explain quantum technologies used to build quantum computers.*

Pokok Bahasan / Contents

1. Pengantar komputasi kuantum / *Introduction to quantum computing*
2. Dasar-dasar mekanika kuantum. 4 postulat / *Basics of quantum mechanics. 4 postulates*
3. Probabilitas, aljabar linier dan ruang Hilbert / *Probability, linear algebra and Hilbert space*
4. Qubit dan gerbang kuantum / *Qubits and quantum gates*
5. Multiqubit dan sirkuit / *Multi-qubit and circuits*
6. Kompleksitas komputasi / *Computational complexity*
7. Simulasi komputasi kuantum: Quirk / *Quantum computing simulation: Quirk*
8. Pemrograman kuantum: Qiskit / *Quantum programming: Qiskit*
9. Algoritma pencarian Grover / *Grover's search algorithm*
10. Quantum Fourier Transform dan periodisitas / *Quantum Fourier Transform and periodicity.*
11. Faktorisasi bilangan bulat dan algoritma Shor / *Integer factorization and Shor's algorithm*
12. Kriptografi kuantum / *Quantum cryptography*
13. Quantum error-correction dan komunikasi kuantum. Algoritma Shor / *Quantum error-correction and quantum communication. Shor's algorithm*
14. Arsitektur komputer kuantum / *Quantum computer architecture*

Prasyarat / Pre-requisite

Aljabar Linier, Probabilitas / *Linear Algebra and Complex Variables, Probability & Statistics*

Pustaka / Reference

Utama / Primary :

1. Thomas G. Wong, "Introduction to Classical and Quantum Computing," Rooted Grove, 2022. (versi e-book tersedia gratis di www.thomaswong.net)
2. Ray LaPierre, "Introduction to Quantum Computing," Springer, 2021.

Pendukung / Support:

1. Bernard Zygelman, "A First Introduction to Quantum Computing and Information," Springer, 2018.
2. Weng-Long Chang & Athanasios V. Vasilakos, "Fundamentals of Quantum Programming in IBM's Quantum Computers," Springer, 2021.