

IMPLEMENTASI ROBOT OTONOM BERBASIS *SIMULTANEOUS LOCALIZATION AND MAPPING* UNTUK PEMETAAN RUANGAN TERKONTAMINASI RADIASI NUKLIR

Van Za Aimar Rochman

21/483197/TK/53406

Diajukan kepada Departemen Teknik Nuklir dan Teknik Fisika Fakultas Teknik
Universitas Gadjah Mada pada tanggal 24 September 2025
untuk memenuhi sebagian persyaratan untuk memperoleh derajat
Sarjana Program Studi Teknik Nuklir

INTISARI

Pemetaan awal area terkontaminasi radiasi nuklir sangat penting untuk perencanaan dekontaminasi yang aman. Survei manual dapat meningkatkan risiko paparan radiasi langsung bagi pekerja. Salah satu upaya mengurangi paparan radiasi adalah dengan mengembangkan prototipe robot otonom untuk melakukan pemetaan dalam ruangan secara *real-time*. Sistem berbasis SLAM dua dimensi dipilih dalam penelitian ini agar proses pemetaan berlangsung tanpa terdampak langsung dengan paparan radiasi.

Robot menggunakan sensor LiDAR dan odometri roda sebagai sumber data utama dalam pemetaan dan pergerakan. Kendali aktuator dan antarmuka sensor dijalankan oleh *microprocessor* ESP32. Pemrosesan utama berjalan pada sistem operasi ROS2 dengan dilengkapi program Cartographer 2D dan modul navigasi Nav2. Uji coba dilakukan dengan memetakan area Lobi DTNTF, meliputi lorong sebagai daerah uji coba sempit dan lobi sebagai daerah uji coba luas. Analisis kualitatif dilakukan dengan melihat kesesuaian peta yang dihasilkan dengan tata letak ruang sebenarnya secara visual. Selain itu dilakukan pula analisis kuantitatif dengan membandingkan koordinat estimasi posisi yang terukur terhadap *ground truth*.

Prototipe robot berhasil membuat peta dua dimensi yang konsisten tanpa *drift* berlebih. Hasil pemetaan berhasil merekam tata letak ruangan secara akurat. Analisis kuantitatif antara koordinat *ground truth* dan estimasi posisi lokalisasi oleh robot memiliki nilai galat rerata absolut sebesar 0,083 meter. Galat ini merupakan akumulasi dari selip odometri roda ketika robot bergerak memetakan ruangan. Dan galat semakin berkurang seiring optimasi *pose graph* dan algoritma *loop closure* aktif dijalankan. Uji coba yang telah dilakukan membuktikan bahwa robot telah berhasil bergerak dengan stabil, dapat melakukan pemetaan dan lokalisasi dengan baik, dan layak digunakan sebagai prototipe awal pemetaan gedung yang terindikasi mengalami kontaminasi radiasi nuklir.

Kata kunci: Pemetaan, SLAM, Robot, LiDAR, Lokalisasi

Pembimbing Utama : Ir. Agus Arif, M.T.

Pembimbing Pendamping : Ir. Kristedjo Kurnianto, M.Sc.



**AUTONOMOUS ROBOT SIMULTANEOUS LOCALIZATION AND
MAPPING IMPLEMENTATION FOR MAPPING NUCLEAR
RADIATION CONTAMINATED BUILDINGS**

Van Za Aimar Rochman

21/483197/TK/53406

Submitted to the Departement of Nuclear Engineering and Engineering Physics
Faculty of Engineering Universitas Gadjah Mada on September 24, 2025
in partial fulfillment of the requirement for the Degree of
Bachelor of Engineering in Nuclear Engineering

ABSTRACT

Initial mapping of radiation-contaminated areas is crucial for planning safe decontamination procedures. Manual surveys increase the risk of direct radiation exposure to workers. One approach to minimize this risk is the development of an autonomous robot prototype capable of performing real-time indoor mapping. The system utilizes a two-dimensional SLAM framework to ensure that mapping operations proceed without direct radiation exposure.

The robot employs a LiDAR sensor and wheel odometry as the primary data sources for mapping and navigation. Actuator control and sensor interfacing are handled by an ESP32, while the main processing runs on ROS2 using the Cartographer 2D algorithm and the Nav2 navigation module. Experimental trials were conducted in the DTNTF lobby, encompassing a narrow corridor and a large lobby area. Qualitative analysis was performed by visually comparing the generated maps with the actual room layout. Quantitative analysis compared the robot's estimated positions with reference ground-truth coordinates.

The robot prototype successfully produced consistent two-dimensional maps with minimal drift. The mapping results accurately captured the room layout. Quantitative analysis between ground-truth coordinates and the robot's estimated positions yielded a mean absolute error of 0.083 meter, primarily caused by wheel-odometry slip during mapping. The error decreased as pose-graph optimization and loop-closure algorithms were applied. The trials demonstrate stable motion, accurate mapping, and reliable localization, establishing the system's suitability as an initial prototype for mapping radiation-contaminated buildings.

Keywords: Mapping, SLAM, Robot, LiDAR, Localization

Supervisor : Ir. Agus Arif, M.T.

Co-supervisor : Ir. Kristedjo Kurnianto, M.Sc.

