

ABSTRAK

Almaida Firdaus

NIM: 191720018

Rekonstruksi Partikel D* meson pada Tumbukan Proton-Proton pada Energi Pusat Massa $\sqrt{s} = 13$ TeV dengan Detektor ALICE

Tujuan utama dari eksperimen yang dilakukan di *A Large Ion Collider Experiment* (ALICE) adalah untuk studi terkait *Quark-Gluon Plasma* (QGP). QGP diyakini sebagai keadaan awal materi di alam semesta beberapa mikro detik (10^{-6} s) setelah ledakan *Big Bang*. Salah satu eksperimennya dilakukan dengan menumbukkan proton-proton pada *Large Hadron Collider* (LHC). Tumbukan tersebut akan memecah ikatan kuat antara quark dan gluon akibat keadaan *quark confinement* yang menyebabkan quark tidak dapat teramati secara bebas di alam. Salah satu partikel yang dihasilkan dari tumbukan proton-proton tersebut adalah partikel meson yang mengandung satu pasangan quark dan anti-quark. Oleh karena itu, penelitian ini menganalisa terkait keberadaan partikel D* meson yang tercipta pada tumbukan proton-proton pada energi pusat massa $\sqrt{s} = 13$ TeV. Penelitian menggunakan data yang diakses melalui *ALICE Data Source* berupa *run list* LHC2018_AOD236 untuk data dan LHC20f4a untuk Simulasi Monte Carlo. Dipilih *channel* peluruhan partikel D* meson yaitu, $D^{*+} \rightarrow D^0 \pi^+ \rightarrow K^- \pi^+ \pi^+$ dengan melakukan optimasi seleksi *cut* dengan tiga variabel (dari total 16 variabel) di antaranya perkalian *impact parameter* D^0 untuk kaon dan pion, *Normalised Decay Length* (jarak terdekat di antara *primary vertex* dan *secondary vertex*) dan *Cosine Theta Point* (sudut proyeksi dari Θ_p dengan *original decay vertex*). Melalui data penelitian tersebut, dihasilkan ekstraksi sinyal D* meson (massa invarian), analisa spektrum massa, *acceptancy dan efficiency* partikel *charm* dan *beauty*, penampang lintang yang dikomparasikan dengan prediksi teori. Hasil tersebut memberikan kesimpulan bahwa Partikel D* meson berhasil teramati melalui rekonstruksi partikel pada rentang momentum 1-36 GeV/c.

Kata Kunci: Rekonstruksi Partikel, Detektor ALICE, QGP

ABSTRACT

Almaida Firdaus

NIM: 191720018

Reconstruction of Particle D^ meson in Proton-Proton Collision at Centre Mass of Energy $\sqrt{s} = 13 \text{ TeV}$ using ALICE Detector*

The main purpose of the experiments carried out at the A Large Ion Collider Experiment (ALICE) is for the study of Quark-Gluon Plasma (QGP). QGP is believed to be the initial state of matter in the universe micro seconds (10^{-6} s) after the Big Bang. One of these experiments was carried out by colliding protons at the Large Hadron Collider (LHC). The collision will break the strong bond between quarks and gluons due to the quark confinement state which causes quarks to be observed freely in nature. One of the decays from proton-proton collision is the meson particle which consists of pairs of quarks and anti-quarks. Therefore, this study analyses the existence of D^ meson particles that have been obtained through proton-proton collisions at the centre of mass energy $\sqrt{s} = 13 \text{ TeV}$. This study uses data accessed through the ALICE Data Source in the form of the LHC2018_AOD236 run list for data and LHC20f4a for Monte Carlo Simulation. The D^* meson decay channel was chosen, $D^{*+} \rightarrow D^0 \pi^+ \rightarrow K \pi^+ \pi^+$ by optimizing the cut selection with three variables (out of a total of 16 variables), including the multiplication of the impact parameter D_0 for kaons and pions, Normalized Decay Length (the distance between primary vertex and secondary vertex) and Cosine Theta Point (projection angle from Θ_p to the original decay vertex). Through the research data, the signal extraction of D^* meson (invariant mass), the analysis of the mass spectrum, the acceptancy and efficiency of charm and beauty, the cross-section calculations are compared according to theoretical predictions.*

Keywords: *Reconstructions of Particles, ALICE Detector, QGP.*

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Bersamaan dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi yang saya tulis sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains dan diajukan pada Program Studi Fisika Fakultas Sains Universitas Islam Negeri Sultan Maulana Hasanuddin Banten ini sepenuhnya asli merupakan hasil karya tulis ilmiah saya pribadi.

Adapun tulisan maupun pendapat orang lain yang terdapat dalam skripsi ini telah saya sebutkan kutipannya secara jelas dengan etika keilmuan yang berlaku di bidang penulisan karya ilmiah.

Apabila di kemudian hari terbukti bahwa sebagian atau seluruh isi skripsi ini merupakan hasil perbuatan plagiarisme atau mencontek karya tulis orang lain, saya bersedia untuk menerima sanksi berupa pencabutan gelar kesarjanaaan yang saya terima ataupun sanksi akademik lain sesuai dengan peraturan yang berlaku.

Serang, 14 April 2023



Almaida Firdaus

NIM. 191720018

**Rekonstruksi Partikel D* meson pada Tumbukan Proton-Proton
pada Energi Pusat Massa $\sqrt{s} = 13$ TeV dengan Detektor ALICE**

Oleh:

ALMAIDA FIRDAUS

NIM: 191720018

Menyetujui,

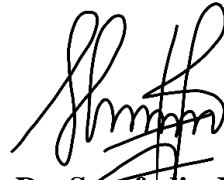
Pembimbing I



Beta Nur Pratiwi, M.Si.

NIDN. 2002019301

Pembimbing II



Dr. Syaefudin Jaelani

NIP. 198902282022021001

Mengetahui,

Dekan Fakultas Sains



Dr. Asep Saefurrohman, M.Si.

NIP. 197808272003121003

Ketua Program Studi



Elsi Ariani, M.Si.

NIP. 198901232018012001

PENGESAHAN

Skripsi a.n Almaidia Firdaus, NIM: 191720018 yang berjudul “Rekonstruksi Partikel D* meson pada Tumbukan Proton-Proton pada Energi Pusat Massa $\sqrt{s} = 13$ TeV dengan Detektor ALICE” telah diujikan dalam Ujian Tugas Akhir Universitas Islam Negeri Sultan Maulana Hasanuddin Banten pada tanggal 31 Mei 2023.

Skripsi tersebut telah disahkan dan diterima sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains (S.Si.) pada Fakultas Sains Universitas Islam Negeri Sultan Maulana Hasanuddin Banten.

Serang, 14 April 2023

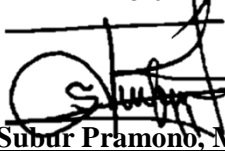
Pembimbing I



Beta Nur Pratiwi, M.Si.

NIDN. 2002019301

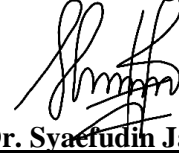
Penguji I



Subur Pramono, M.Si.

NIP. 199006262020121002

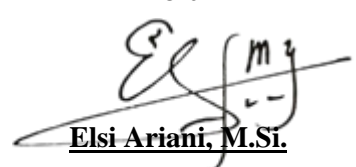
Pembimbing II



Dr. Syaefudin Jaelani

NIP. 198902282022021001

Penguji II



Elsi Ariani, M.Si.

NIP. 198901232018012001

Ketua Penguji



Dr. Asep Saefurrohman, M.Si.

NIP. 197808272003121003

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Depok pada tanggal 14 April 2001. Orang tua penulis Bapak Aip Saifudin dan Ibu Cicih Fatma Suciati memberi nama penulis “Almaida Firdaus”.

Pendidikan formal yang ditempuh penulis sebagai berikut: MI Mathla’ul Anwar Pusat Menes lulus tahun 2016, MTsN 05 Pandeglang lulus tahun 2017, dan MAS Mathla’ul Anwar Pusat Menes lulus tahun 2019. Almaida Firdaus diterima di Program Studi Fisika Fakultas Sains UIN Sultan Maulana Hasanuddin Banten pada tahun 2019.

Selama menempuh perkuliahan, penulis banyak mengikuti kegiatan intra dan ekstra-kulikuler yang ada di UIN Sultan Maulana Hasanuddin Banten dengan menjadi Sekretaris Himpunan Mahasiswa Fisika (HMPS Fisika) dan Wakil Ketua Dewan Eksekutif Mahasiswa (DEMA) Fakultas Sains pada tahun 2021 dan 2022.

PERSEMBAHAN

Setiap rangkaian kata yang dituliskan dalam skripsi ini dipersembahkan untuk dua orang yang paling berpengaruh dalam hidup penulis melalui doa dan ridho-nya dengan sejuta kasih dan cinta, yaitu Bapak dan Mamah tersayang.

MOTTO

“Strive not to be a man of success, but rather try to be a man of value”

Albert Einstein

“...Berlomba-lomba dalam kebaikan...”

Q.S Al-Baqarah: 148

KATA PENGANTAR

Bismillaahirrahmaanirrahiim

Segala puji hanya bagi Allah SWT, yang telah memberikan segala nikmat-Nya dalam bentuk apapun sehingga Tugas Akhir ini dapat diselesaikan tepat pada waktunya. Shalawat berangkaikan salam semoga selalu tercurahkan kepada Nabi Muhammad SAW, kepada keluarganya, sahabatnya dan kita selaku umatnya hingga akhir zaman.

Tugas Akhir yang berjudul “Rekonstruksi Partikel D* meson pada Tumbukan Proton-Proton pada Energi Pusat Massa $\sqrt{s} = 13$ TeV menggunakan Detektor ALICE” merupakan tugas akhir yang diajukan sebagai syarat memperoleh gelar Sarjana Sains (S.Si.) pada Program Studi Fisika Fakultas Sains UIN Sultan Maulana Hasanuddin Banten. Penyelesaian Tugas Akhir ini tidak terlepas dari dukungan dan doa dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Wawan Wahyudin, M.Pd., selaku Rektor UIN Sultan Maulana Hasanuddin Banten yang telah memberikan kesempatan kepada penulis untuk belajar dan merasakan dalamnya sumur keilmuan di Perguruan Tinggi tercinta.
2. Bapak Dr. Asep Saefurrohman, M.Si., selaku Dekan Fakultas Sains yang telah mendukung penyelesaian studi dengan lancar.
3. Ibu Elsi Ariani, M.Si., selaku Ketua Program Studi Fisika Fakultas Sains yang selalu memberikan saran yang baik selama studi.

4. Ibu Beta Nur Pratiwi, M.Si., dan Bapak Dr. Syaefudin Jaelani selaku Pembimbing I dan Pembimbing II yang dengan sabar mendampingi proses penyusunan tugas akhir ini hingga selesai.
5. Bapak dan Ibu Dosen dan seluruh sivitas akademika di lingkungan Fakultas Sains yang telah mengajar dan mendidik selama penulis menempuh studi di UIN Sultan Maulana Hasanuddin Banten.
6. Keluarga dan teman-teman seperjuangan yang telah menorehkan cerita dan pengalaman hidup yang inspiratif kepada penulis.

Penulis juga menyadari bahwa tugas akhir ini masih jauh dari kata sempurna. Oleh karenanya, saran dan masukan sangat diterima untuk perbaikan selanjutnya. Akhir kata, hanya kepada Allah SWT penulis berharap semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi kita semua, aamiin.

Serang, 14 April 2023

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	xii
DAFTAR ISI	xiv
DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR LAMPIRAN	xix
DAFTAR SINGKATAN	xx
BAB 1 PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang Masalah.....	1
B. Batasan Masalah.....	8
C. Rumusan Masalah	8
D. Tujuan Penelitian	9
E. Manfaat Penelitian	9
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	
A. Kajian Teori	10
B. Hasil Penelitian yang Relevan	30
C. Kerangka Berpikir.....	35
BAB 3 METODE PENELITIAN	
A. Waktu dan Tempat Penelitian	36
B. Alat dan Bahan.....	37
C. Jenis Metode Penelitian.....	43
D. Teknik Pengumpulan Data.....	44
E. Teknik Analisis Data.....	44

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil dan Pembahasan.....48

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan76

B. Saran.....76

DAFTAR PUSTAKA.....77

LAMPIRAN78

DAFTAR TABEL

Nomor Tabel	Judul Tabel	Halaman
2.1	Pengelompokkan Partikel Elementer	12
2.2	Kelompok Partikel D-meson	15
3.1	Alokasi Waktu Penelitian Tahun 2022-2023	36
4.1	Nilai Optimal Variabel	58
4.2	Nilai Non-Optimal Variabel	60
4.3	Hasil Analisa Massa Invarian <i>Cut File Optimised</i>	63
4.4	Hasil Analisa Massa Invarian Data Simulasi Monte Carlo	64
4.5	Hasil Analisa Massa Invarian <i>Cut File Unoptimised</i>	65

DAFTAR GAMBAR

Nomor Gambar	Judul Gambar	Halaman
1.1	Komplek Akselerator CERN	4
1.2	<i>Phase Diagram of QCD</i>	5
2.1	Skema Rangkaian Detektor ALICE	30
2.2	<i>Inner Tracking System</i>	18
2.3	<i>Time Projection Chamber</i>	19
2.4	<i>Time Of Flight System</i>	20
2.5	Skema Peluruhan Partikel D* meson pada Tumbukan Proton-Proton	21
2.6	Alur Diagram Penelitian	35
3.1	Seleksi Topologi Hasil Peluruhan Partikel D ⁰ meson	47
4.1	Perhitungan <i>Energy Loss</i> sebagai Fungsi Momentum pada Detektor TPC pada Pusat Energi 13 TeV	50
4.2	Nilai Signifikansi Perbandingan Variabel d_0d_0 dengan <i>Cosine Theta Point</i> pada setiap Rentang Momentum	54

	Nilai Signifikansi Perbandingan Variabel $d_0 d_0$	
4.3	dengan <i>Normal Decay Length</i> pada setiap Rentang Momentum	56
	Nilai Signifikansi Perbandingan Variabel <i>Cosine</i>	
4.4	<i>Theta Point</i> dengan <i>Normal Decay Length</i> pada setiap Rentang Momentum	57
4.5	Massa Invarian <i>Cut File Optimized</i>	66
4.6	Massa Invarian Data Simulasi Monte Carlo	67
4.7	Massa Invarian <i>Cut File Unoptimized</i>	68
4.8	Perbandingan Massa antara Data dan Simulasi Monte Carlo	71
4.9	Perbandingan Nilai Sigma (Standar Deviasi) antara Data dan Simulasi Monte Carlo	72
4.10	$(Acc \times \epsilon)_{prompt} (pT)$ untuk <i>prompt</i> dan <i>feed-down</i> Partikel D^* Meson	73
4.11	(a) Penampang Lintang Momentum Partikel D^* meson yang Dikomparasikan dengan Perhitungan FONLL; (b) Perbandingan Perhitungan Penampang Lintang dengan Prediksi Nilai Tengah untuk FONLL dengan Teori/Data	74

DAFTAR LAMPIRAN

Nomor	Judul Lampiran	Halaman
Lampiran		
1.1	Grafik Fit Data dan Simulasi Monte Carlo	81
1.2	Grafik Perbandingan Fit Parameter	82
1.3	Perbandingan Data Optimal dan Non-Optimal	84
1.4	Skema Ketidakpastian	85
1.5	<i>Macro RunAnalysis.root</i>	86
1.6	<i>Macro DrawEfficiency6.C</i>	94
1.7	<i>Macro HFpTSpectrum-pp.C</i>	95
1.8	<i>Macro PlotCrossSecwithpQCD.C</i>	96

DAFTAR SINGKATAN

ALICE	= <i>A Large Ion Collider Experiment</i>
LHC	= <i>Large Hadron Collider</i>
CERN	= <i>Conseil Européen pour la Recherche Nucléaire</i>
CMS	= <i>Compact Muon Solenoid</i>
ATLAS	= <i>A Toroidal LHC Apparatus</i>
LHCb	= <i>Large Hadron Collider-beauty</i>
QGP	= <i>Quark-Gluon Plasma</i>
QCD	= <i>Quantum Chromodynamics</i>
QED	= <i>Quantum Electrodynamics</i>
FONLL	= <i>Fixed Order plus Next to Leading Log</i>
TPC	= <i>Time Projection Chamber</i>
TOF	= <i>Time Of Flight</i>
ITS	= <i>Inner Tracking System</i>