

## BAB 4

### PENUTUP

#### 4.1 Simpulan

Dari hasil analisis yang telah dilakukan dapat ditarik beberapa simpulan diantaranya untuk konstanta *coupling*  $g$  yang sama, parsial *decay width*  $\phi \rightarrow \nu\bar{\nu}Z$  dan  $\phi \rightarrow \nu Wl$  lebih besar dibandingkan dengan parsial *decay width*  $\phi \rightarrow \nu\bar{\nu}$  (Gambar 3.7) untuk massa materi gelap yang besar. Hal ini mengakibatkan pengamatan  $\phi \rightarrow \nu\bar{\nu}Z$  dan  $\phi \rightarrow \nu Wl$  (radiasi *electroweak* boson) mungkin dapat lebih baik dan lebih mudah untuk diamati dibandingkan dengan peluruhan  $\phi \rightarrow \nu\bar{\nu}$ . Berdasarkan Gambar 3.8, pengamatan radiasi *electroweak* boson dikatakan lebih baik ketika massa materi gelapnya lebih dari 38 TeV untuk *channel*  $e$  dan lebih besar dari 35 TeV untuk *channel*  $\mu$  dan  $\tau$ . Simpulan yang terakhir adalah ditemukan batasan baru pada nilai chi squared 35.17 untuk peluruhan materi gelap menjadi neutrino dengan melihat kurva konstanta *coupling*  $g$  terhadap massa materi gelap dari radiasi *electroweak* boson. Dari kurva tersebut didapatkan bahwa batasan baru didapatkan pada *channel*  $e$  ketika massa materi gelapnya lebih dari 38 TeV dan lebih besar dari 35 TeV untuk *channel*  $\mu$  dan  $\tau$ .

#### 4.2 Saran

Saran yang dapat diberikan untuk penulisan tugas akhir ini adalah menggunakan data antiproton terbaru dari AMS-02 [28], menghitung propagasi antiproton ke Bumi dengan menggunakan GALPROP, dan mengembangkan tugas akhir ini menjadi anihilasi materi gelap.



## DAFTAR REFERENSI

- [1] El Aisati, C., Gustafsson, M., dan Hambye, T. (2015) New Search for Monochromatic Neutrinos from Dark Matter Decay. *Phys. Rev.*, **D92**, 123515.
- [2] van der Kruit, P. C. dan Freeman, K. C. (2011) Galaxy Disks. *AR*, **49**, 301–371.
- [3] Begeman, K. G., Broeils, A. H., dan Sanders, R. H. (1991) Extended Rotation Curves of Spiral Galaxies: Dark Haloes and Modified Dynamics. *Mon. Not. Roy. Astron. Soc.*, **249**, 523.
- [4] Koch, A. (2015) Eta Meson Production with Conversions in ALICE in pp Collisions at 2.76 TeV and 8 TeV. Thesis. Department of Physics and Astronomy University of Heidelberg, German.
- [5] Griffiths, D. (2008) *Introduction to Elementary Particles*, 2nd edition. Wiley, United States.
- [6] Majumdar, D. (2014) *Dark Matter An Introduction*. Taylor & Francis, Oxford.
- [7] Fowles, G. dan Cassiday, G. (2005) *Analytical Mechanics*, 7th edition. Thomson Brooks/Cole, Belmont.
- [8] Drees, M. dan Gerbier, G. (2012) Mini-Review of Dark Matter. *arXiv*, **1204.2373**, 1.
- [9] Ryden, B. (2016) *Introduction to Cosmology*, 2nd edition. Cambridge University Press, United Kingdom.
- [10] Covi, L., Grefe, M., Ibarra, A., dan Tran, D. (2010) Neutrino Signals from Dark Matter Decay. *JCAP*, **1004**, 17.
- [11] Mijakowski, P. (2011) Direct and Indirect Search for Dark Matter. Disertasi. Andrzej Soltan Institute for Nuclear Studies, Poland.
- [12] Abdo, A. A. dkk. (2009) Measurement of the Cosmic Ray e+ plus e- spectrum from 20 GeV to 1 TeV with the Fermi Large Area Telescope. *Phys. Rev. Lett.*, **102**, 181101.
- [13] Adriani, O. dkk. (2009) An Anomalous Positron Abundance in Cosmic Rays with Energies 1.5–100 GeV. *Nature*, **456**, 607–609.
- [14] Chang, J. dkk. (2008) An Excess of Cosmic Ray Electrons at Energies of 300–800 GeV. *Nature*, **456**, 362–365.
- [15] Barwick, S. W., Beatty, J. J., Bhattacharyya, A., Bower, C. R., Chaput, C. J., Coutu, S., de Nolfo, G. A., Knapp, J., Lowder, D. M., McKee, S., MÅijller, D., Musser, J. A., Nutter, S. L., Schneider, E., Swordy, S. P., TarlÅl, G., Tomasch, A. D., Torbet, E., dan Collaboration, T. H. (1997) Measurements of the Cosmic-Ray Positron Fraction from 1 to 50 GeV. *The Astrophysical Journal Letters*, **482**, L191.
- [16] Lambard, G. (2012) Indirect Search for Dark Matter with the ANTARES Neutrino Telescope. *PoS*, **DSU2012**, 042.
- [17] Hubert, D. (2007) Neutralino Dark Matter Searches with Neutrino Telescopes: AMANDA Results and ICE CUBE Prospects. *Nucl. Phys. Proc. Suppl.*, **173**, 87–90.

- 
- [18] Desai, S. dkk. (2004) Search for Dark Matter WIMPs using Upward Through-going Muons in Super-Kamiokande. *Phys. Rev.*, **D70**, 083523.
- [19] Oerter, R. (2006) *The Theory of Almost Everything: The Standard Model, the Unsung Triumph of Modern Physics*. Pi Press, London.
- [20] Bludman, S. A. (1958) On The Universal Fermi Interaction. *Nuovo Cim.*, **9**, 433–445.
- [21] Cirelli, M., Corcella, G., Hektor, A., Hutsi, G., Kadastik, M., Panci, P., Raidal, M., Sala, F., dan Strumia, A. (2011) PPC 4 DM ID: A Poor Particle Physicist Cookbook for Dark Matter Indirect Detection. *JCAP*, **1103**, 51.
- [22] Delahaye, T., Lineros, R., Donato, F., Fornengo, N., dan Salati, P. (2008) Positrons From Dark Matter Annihilation in The Galactic Halo: Theoretical Uncertainties. *Phys. Rev.*, **D77**, 063527.
- [23] Donato, F., Fornengo, N., Maurin, D., dan Salati, P. (2008) Antiprotons in Cosmic Rays From Neutralino Annihilation. *Phys. Rev.*, **D69**, 063501.
- [24] Carone, C. D. dan Primulando, R. (2011) A Froggatt-Nielsen Model for Leptophilic Scalar Dark Matter Decay. *Phys. Rev.*, **D84**, 035002.
- [25] Ptuskin, V. S., Moskalenko, I. V., Jones, F. C., Strong, A. W., dan Zirakashvili, V. N. (2006) Dissipation of Magnetohydrodynamic Waves On Energetic Particles: Impact On Interstellar Turbulence And Cosmic ray Transport. *Astrophys. J.*, **642**, 902–916.
- [26] Adriani, O. dkk. (2010) PAMELA Results on the Cosmic-Ray Antiproton Flux from 60 MeV to 180 GeV in Kinetic Energy. *Phys. Rev. Lett.*, **105**, 121101.
- [27] Beringer, J. dkk. (2012) Review of Particle Physics (RPP). *Phys. Rev.*, **D86**, 010001.
- [28] Aguilar, M. dkk. (2016) Antiproton Flux, Antiproton-to-Proton Flux Ratio, and Properties of Elementary Particle Fluxes in Primary Cosmic Rays Measured with the Alpha Magnetic Spectrometer on the International Space Station. *Phys. Rev. Lett.*, **117**, 091103.
- [29] Barlow, R. (1989) *Statistics: A Guide to the Use of Statistical Methods in the Physical Sciences*. Wiley, United States.