

**PENYIMPANGAN GRAVITASI NEWTON SEBAGAI
KONSEKUENSI GEOMETRI DAN HUBUNGANNYA
DENGAN MATERI GELAP**

SKRIPSI



OLEH :
MUHAMMAD KHAIDIR KOMALA
0802381419048

JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS SRIWIJAYA

2019

LEMBAR PENGESAHAN

Penyimpangan Gravitasi Newton Sebagai Konsekuensi Geometri dan Hubunganya dengan Materi dan Energi Gelap

SKRIPSI

OLEH :
MUHAMMAD KHAIDIR KOMALA
08021381419048

Indralaya, September, 2019

Menyetujui,

Pembimbing II



Drs. Pradanto Poerwono, DEA.

NIP. 195807241985031012

Pembimbing I



Dr. Akhmad Aminuddin Bama, M.Si

NIP. 197009141997021004

Mengetahui,
Ketua Jurusan Fisika
Fakultas MIPA Universitas Sriwijaya

Dr. Frinsyah Virgo, S.Si., M.T.

NIP.197009101994121001

PRAKATA

Segala puji dan syukur kepada Allah SWT, Pemilik semesta dan seisinya karena berkat rahmat dan karunianya penulis dapat menyelesaikan tugas akhir dengan judul **“Penyimpangan Gravitasi Newton Sebagai Konsekuensi Geometri Dan Hubunganya Dengan Materi Gelap”** sebagai salah satu syarat menjadi sarjana Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam.

Dalam penulisan tugas akhir ini, perkenankan pula penulis mengucapkan terimakasih dengan setulus-tulusnya kepada semua pihak yang telah membantu penulis dari awal perjuangan menempuh pendidikan kuliah, hingga terselesaikannya penelitian ini, diantaranya:

- Ayah, Ibu, dan Kakak atas do'a, nasihat, dan semangatnya;
- Pak Frinsyah Virgo, selaku Ketua Jurusan Fisika.
- Pak Khairul Saleh, selaku Sekretaris Jurusan Fisika dan Pembimbing Akademik.
- Pak Akhamad Aminudin Bama, selaku Pembimbing Skripsi dan guru yang telah memberikan banyak sekali ilmu tiada kira, baik secara ilmiah maupun secara filosofis.
- Pak Pradanto Poerwono, selaku Pembimbing Skripsi dan guru yang telah memberikan berbagai macam nasihat dan ilmu melalui kesabaran yang luar biasa.
- Pak Akmal Johan, Pak Arsali dan Pak Supardi selaku Penguji Skripsi yang turut menyumbangkan ilmu dalam menyempurnakan skripsi ini baik melalui koreksi dan saran yang diberikan.
- Seluruh dosen di Jurusan Fisika yang telah memberikan ilmu selama menempuh pendidikan.
- Seluruh pegawai di Jurusan Fisika atas bantuan administrasinya.
- Teman-teman di Jurusan Fisika, utamanya teman-teman angkatan 2014.
- Teman-teman asisten di laboratorium Fisika Komputasi.

Semoga tulisan ini dapat menjadi manfaat bagi setiap pembaca, dan penulis sangat mengharapkan saran, kritikan dan masukan yang membangun agar penulisan proposal ini dapat lebih baik lagi ke depannya. Atas perhatiannya penulis mengucapkan terima kasih.

Inderalaya, September 2019

Muhammad Khairidir Komala

08021381419048

Penyimpangan Gravitasi Newton Sebagai Konsekuensi Geometri Dan Hubungannya Dengan Materi Gelap

Oleh :

Muhammad Khadir Komala

0802131419048

INTISARI

Tidak sesuainya teori gravitasi Newton dan hukum Keppler dalam menjelaskan kurva kecepatan rotasi bintang-bintang di galaksi, menjadi dasar dibangunnya hipotesis materi gelap oleh para ilmuwan pada abad ke-20. Hipotesis ini lebih diterima secara luas untuk melengkapi teori gravitasi Newton dan hukum Keppler, daripada mencoba menganalisis ulang kemungkinan perlunya memperbaiki teori gravitasi Newton dan hukum Keppler. Tidak hanya itu, bahan teori gravitasi Newton sendiri tidak memenuhi postulat relativitas khusus Einstein yang menyatakan bahwa cahaya merupakan kecepatan maksimal. Berdasarkan hal tersebut, dilakukan modifikasi terhadap persamaan gravitasi Newton, dengan asumsi teori gravitasi Newton juga mematuhi postulat relativitas Einstein, bahwa gravitasi merambat dalam ruang dengan kecepatan terbatas yang belum diketahui nilainya. Sebagai konsekuensi keterlambatan gaya gravitasi yang dirasakan materi-materi yang bergerak, gaya gravitasi yang dirasakan juga mengalami perubahan, tergantung ke arah mana materi-materi yang dikenakan gaya gravitasi tersebut bergerak, terhadap posisi awal pemberi gaya gravitasi. Dengan demikian, dapat ditarik kembali perbedaan data gaya gravitasi yang didapat berdasarkan kurva rotasi sebagai perubahan gaya gravitasi yang diakibatkan keterlambatan gaya gravitasi merambat dalam ruang. Selain itu, data tersebut juga dihitung nilai kecepatan gaya gravitasinya saat merambat dalam ruang dengan menggunakan permodelan sistem interaksi dua bintang bermassa sama, dan keduanya mengorbit pusat massa dengan jarak masing-masing bintang adalah sama namun posisi keduanya berlawanan. Dari persamaan gravitasi Newton yang telah dimodifikasi tersebut, didapatkan persamaan yang dapat menjelaskan kurva peningkatan kecepatan rotasi bintang-bintang. Dengan begitu, dirasa sudah cukup jelas bahwa jika mengikuti postulat relativitas Einstein, teori gravitasi Newton yang dimodifikasi dapat menjelaskan kurva kecepatan rotasi bintang-bintang di galaksi tanpa harus menutupinya dengan hipotesis materi gelap.

Kata Kunci : Gravitasi, Materi Gelap

Newton's Gravity Deviations As A Consequence Of Geometry And Its Relationship With Dark Material

By :

Muhammad Khadir Komala

0802131419048

ABSTRAK

The incompatibility of Newton's gravitational theory and Keppler's law to explaining the rotational velocity curves of stars in galaxies became the basis for the development of the hypothesis of dark matter by scientists in the 20th century. This hypothesis is more widely accepted to complement Newton's theory of gravity and Keppler's law, rather than trying to re-analyze the possible that Newton's theory of gravity and Keppler's law still need to improve. Not only that, Newton's theory of gravity also doesn't obey Einstein's special relativity postulate, that light is the maximum speed. Based on this, we have modified Newton's equations of gravity, assuming Newton's theory of gravity also obeys Einstein's postulate of relativity, that gravity propagates in space at a finite speed, but the value is undefined. As a consequence of the perceived gravitational force on moving matter being delayed, the perceived gravitational force also changes, depending on the direction it moves, to the initial position of the source of the gravitational force. Therefore, the difference in gravitational force data can be retrieved based on the rotation curve as a change in gravitational force due to the delay of the gravitational force propagating in space. Beside that, the data also calculated the value of the velocity of gravity propagating in space by using the system of interaction of two stars with the same mass, and both orbit the center of mass with the distance of each star is the same but the positions of the two are opposite. From Newton's modified gravity equation, we got an equation that can explain the curve of increasing the rotational speed of the stars. This makes it quite clear, that following Einstein's relativity postulate, Newton's modified theory of gravity can explain the rotational velocity curves of stars in galaxies without having to cover the Newton's gravitational theory and Keppler's law with the dark matter hypothesis.

Kata Kunci : Gravity, Dark Matter

DAFTAR ISI

Halaman Judul	i
Lembar Pengesahan	i
Kata Pengantar	ii
Intisari	iv
Abstrak	v
Daftar Isi	vi
Daftar Gambar	viii
Daftar Simbol	ix
BAB I Pendahuluan	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Batasan Masalah	3
BAB II Tinjauan Pustaka	4
2.1 Asas Kosmologi	4
2.2 Bintang dan Galaksi	4
2.3 Teori Geosentris dan Heliosentris	5
2.4 Teori Big Bang	6
2.5 Hukum Keppler	6
2.6 Hukum Gerak dan Teori Gravitasi Newton	7
2.7 Materi Gelap	8
2.8 Energi Gelap	12
2.9 Teori gravitasi Le-Sage dan Efek Bradley	13
BAB III Metodologi Peneltian	15
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	15
3.2 Prosedur Penelitian	15
BAB IV Pembahasan	15
4.1 Keterlambatan Gaya Gravitas	15
4.2 Hubungan Gravitasi yang Terlambat dengan Materi Gelap dan Energi Gelap	18
4.3 Menghitung Kecepatan Gravitasi	21
4.4 Pengaruh Kecepatan Gravitasi	23

BAB V Penutup	26
5.1 Kesimpulan	26
5.2 Saran	26
DAFTAR PUSTAKA	27

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Skema bentuk orbit planet berdasarkan hukum Keppler.....	7
Gambar 2.2. Kurva dispersi kecepatan galaksi hasil observasi dan teori.	10
Gambar 2.3. Konsep fluks gravitasi Le-Sage pada materi.....	13
Gambar 2.4. Efek bayangan dan efek Bradley pada dua benda yang saling mengorbit.	14
Gambar 4.1. Model interaksi gravitasi 2 benda saling mengorbit..	16
Gambar 4.2. Model interaksi gravitasi 2 benda saling mengorbit dengan menerapkan efek Bradley.....	10
Gambar 4.3. Posisi asal benda kedua berdasarkan penyimpangan r' dari posisi benda pertama saat ditinjau.	13
Gambar 4.4. Komponen vektor \vec{r}'	20
Gambar 4.5. Sudut yang terbentuk antara m_2 pada posisi y terhadap m_2 pada posisi x , dan terhadap m_1 pada posisi a	22
Gambar 4.6. (a) benda bergerak searah atau berlawan \vec{r}_+ , (b) benda bergerak dengan membentuk sudut terhadap \vec{r}	23

DAFTAR SIMBOL

- \vec{F} gaya dalam arah tertentu.
- $\overrightarrow{F'}$ gaya antara kedua benda yang mengalami keterlambatan
- \vec{v} kecepatan.
- $\overrightarrow{v_g}$ kecepatan gravitasi.
- r jarak antara kedua benda.
- \vec{r} vektor jarak antara kedua benda.
- \hat{r} vektor satuan r .
- \vec{r}' Vektor jarak antara posisi benda saat merasakan gaya gravitasi dengan posisi awal benda yang memberikan gravitasi
- U energi potensial gravitasi.
- U' energi potensial antara kedua benda yang mengalami keterlambatan.
- θ sudut yang terbentuk oleh suatu benda yang bergerak terhadap posisi benda yang memberikan gaya.
- β sudut yang terbentuk oleh suatu benda yang bergerak terhadap pusat massa antara kedua benda.
- σ periode evolusi.
- m massa.
- t waktu yang diperlukan benda yang bergerak hingga merasakan gaya gravitasi.
- G tetapan gravitasi.
- h faktor pengali pada gaya gravitasi yang bergantung pada r dan r' .
- c kecepatan cahaya.
- α faktor skala.
- ρ rapat massa.
- Λ konstanta kosmologi.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pada awal abad ke 16, Johannes Keppler telah menyusun tiga hukum gerakan planetarinya yang sampai sekarang diterima luas untuk memahami bagaimana konsep umum gerak orbital planet mengelilingi matahari. Di akhir abad ke 16 itu pula, Newton merumuskan hukum gravitasi yang menyatakan bahwa benda di alam semesta saling tarik menarik dengan gaya yang berbanding lurus dengan massa dan berbanding terbalik dengan kuadrat jaraknya. Penemuannya ini diterbitkan dalam karya yang berjudul *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica* (“The Principia”), pada 5 juli 1687. Hukum gravitasi Newton ini diterima luas dan mematahkan konsep gravitasi yang dibangun oleh Aristoteles yang berpendapat bahwa besarnya massa dapat menyebabkan benda jatuh lebih cepat. Tidak hanya sampai di situ, bersama dengan hukum gerak planetarinya Keppler, hukum itu memperkuat kepercayaan heliosentrismus bahwa planet-planet berevolusi terhadap matahari dan mematahkan kepercayaan yang dibangun oleh Aristoteles, Ptolemy dan para pengikut kepercayaan geosentrismus (Schneider, 2006).

Dengan berkembangnya ilmu fisika serta ekspansi pengamatan terhadap alam semesta di luar tata surya kita, mulai terindikasi oleh sejumlah ilmuwan bahwa terdapat ketidaksesuaian antara data kecepatan benda langit berotasi dengan yang seharusnya berdasarkan mekanika Newton dan hukum Keppler. Dimulai dari pengamatan Jan Hendrik Oort dan Zwitcky pada 1932 yang melaporkan terindikasinya kecepatan rotasi bintang-bintang lebih cepat dari yang seharusnya, namun pengukuran ini dianggap keliru. Di awal 1930-an pula ditetapkan hukum Hubble yang menjelaskan bahwa alam semesta mengembang, dan setiap galaksi bergerak saling menjauh. Dari hukum Hubble ini pula dan berdasarkan medan gravitasi Einstein, lahirlah teori hipotesis energi gelap untuk menjelaskan bagaimana alam semesta kita yang dianggap bersifat homogen dan isotropik dapat mengembang. Kemudian isu yang sempat dibangun Jan Hendrik Oort dan Zwitcky diangkat kembali dan dibuktikan oleh Vera Rubin pada 1975, dipastikan bahwa terdapat peningkatan massa galaksi

yang tidak terlihat sama sekali untuk memenuhi hukum gravitasi Newton, teori hipotesis ini disebut teori materi gelap (Mei dan Yu, 2012).

Pada tahun 1690, tidak lama dari terbitnya “the Principia”, Nicolas Fatio de Duillier sempat mengajukan teori gravitasi kinetik untuk dapat menjelaskan teori gravitasi lebih rinci yang kemudian dikembangkan oleh Georges dan Louis Le Sage pada 1748, teori ini disebut teori bayangan “*Shadow Theory*” atau sering disebut Teori Le Sage, namun teori ini tidak dapat diterima secara luas karena menyebabkan ketidakstabilan pada orbit jika teori ini diaplikasikan. Ketertarikan Laplace dalam menyelesaikan permasalahan pada orbit ini menghasilkan sebuah kesimpulan bahwa gaya gravitasi merambat dalam kecepatan yang terbatas, tidak seperti yang Newton anggap, yaitu gravitasi bergerak secara instan antara pusat masa setiap benda. Jika nilai-nilai geometris pergerakan orbit benda seperti pada teori bayangan dapat mempengaruhi kecepatan perambatan gravitasi, maka dapat dilakukan perhitungan ulang aplikasi teori bayangan ini pada teori gravitasi Newton berdasarkan ketidaksesuaian kecepatan rotasi pengamatan dengan mekanika Newton yang berlaku sehingga memaksa dibutuhkannya teori hipotesis materi gelap (Brown, 2013).

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan permasalahan dari penelitian ini sebagai berikut:

1. Apa yang dimaksud dengan teori bayangan dan penyimpangan gravitasi? dan bagaimana mengaplikasikannya ke dalam mekanika Newton?
2. Berapa besar gravitasi yang seharusnya dengan menggunakan teori bayangan dan penyimpangan gravitasi?
3. Bagaimana hubungan antara hasil yang didapat pada poin ke dua dengan konsep materi gelap?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini sebagai berikut:

1. Memahami konsep teori bayangan dan penyimpangan gravitasi jika diaplikasikan ke dalam mekanika Newton.

2. Menentukan hubungan matematis antara besarnya gravitasi sesuai pengamatan saat ini seperti dengan besaran gravitasi berdasarkan teori bayangan dan penyimpangan gravitasi.
3. Menentukan hubungan antara gravitasi berdasarkan teori bayangan dan penyimpangan dengan teori gravitasi Newton yang perlu dilengkapi konsep materi gelap.

1.4 Manfaat Penelitian

Dapat memberikan keyakinan bahwa teori mekanika Newton khususnya yang berkaitan dengan gravitasi masih perlu dilakukan pengkajian ulang, mengingat banyak fakta pada pengamatan yang dilakukan berbeda dengan yang seharusnya jika berdasarkan teori Newton. Selain itu dapat menambah wawasan tentang berbagai hal yang berkaitan dengan teori alam semesta yang berkembang.

1.5 Batasan Masalah

Batasan terhadap permasalahan pada penelitian ini sebagai berikut:

1. Terbatas pada asumsi-umsi yang digunakan.
2. Tidak meninjau hal-hal astronomis secara mendalam.
3. Perhitungan rumus berdasarkan mekanika klasik.
4. Sistem orbit yang digunakan adalah dua benda yang saling mengorbit sempurna

DAFTAR PUSTAKA

- Albada, T. S., K. Begeman, dan R. Sanscisi, 2004. *Distribution of Dark Matter in The Spiral Galaxy NGC 3198*. Belanda: Institut Kapteyn Astronomical.
- Anugraha, 2011. *Teori Relativitas dan Kosmologi*. Yogyakarta : Universitas Gajah Mada.
- Arya, A.P., 1998, *Introduction to Classical Mechanics*, edisi 2, Prentice Hall.
- Giancoli, D., C., 2000. *Physics*. America : Pearson Education.
- Brown, K. 2013, *Le Sage's Shadow*. (<http://www.mathpages.com/home/kmath131/kmath131.html>) diakses pada 18 oktober 2018.
- Mei, A. dan P. Yu, 2012. *The Formula to Calculate the Red Shift-Distance Relation of la Supernova in Cosmology Has Essential Mistakes*. International Journal of Astronomy and Astrophysics. 2(1) : 183-193.
- Schneider, P., 2006. *Extragalactic Astronomy and Cosmologi*. America: Springer.
- Tremaine, S. dan H. M. Lee, 2004. *Dark Matter in Galaxy Systems*. Kanada : Institut Theoretical Astrophysics Kanada.
- Zackrison, E. 2005. *Quasars and Low Surface Brightness Galaxies as Probes of Dark Matter*. Swedia: Universitas Uppsala.