

## ABSTRAK

SITI SUTIAHAH

NIM : 201720028

### Pembangkitan Cahaya Nonklasik dalam Model Jaynes-Cummings dengan Ukuran Nonklasikalitas Tertentu

Penelitian ini membahas mengenai pembangkitan cahaya nonklasik dalam model Jaynes-Cummings dengan ukuran nonklasikalitas tertentu. Pada konteks ini, peneliti mengkaji bagaimana variasi parameter sistem, seperti kekuatan kopling ( $g$ ), *detuning* ( $\Delta$ ) dan frekuensi penggerak ( $\Omega$ ), dapat digunakan untuk mengendalikan dan menghasilkan keadaan cahaya nonklasik, diantaranya fungsi korelasi orde kedua dan fungsi Wigner. Penyesuaian parameter dalam model Jaynes-Cummings memungkinkan kontrol presisi atas sifat statistika kuantum dari medan elektromagnetik dapat ditunjukkan dengan menggunakan teknik simulasi numerik dan analisis teoretis. Variasi  $g$  dengan menetapkan nilai konstan  $\Omega$  sebesar 0.3 dan  $\Delta$  sebesar 0.4 menghasilkan perubahan yang lebih signifikan pada keadaan kuantum sistem, sehingga lebih efektif dalam mengarahkan sistem menuju keadaan nonklasik. Sebaliknya, variasi  $\Delta$  dengan menetapkan nilai konstan  $\Omega$  sebesar 0.5 dan  $g$  sebesar 0.6 dan juga pada variasi  $\Omega$  dengan menetapkan nilai konstan  $\Delta$  sebesar 0.04 dan  $g$  sebesar 0.06 hasilnya cenderung memiliki pengaruh yang lebih lemah atau kurang langsung dalam mengubah karakteristik kuantum sistem, terutama dalam konteks emisi cahaya, sehingga dengan demikian, fokus pada pengaturan  $g$  menjadi prioritas utama dalam penelitian terkait keadaan nonklasik.

**Kata Kunci:** cahaya nonklasik, statistika kuantum, model Jaynes-Cummings.

## ABSTRACT

Siti Sutihah

NIM: 201720028

*Generation of Nonclassical Light in the Jaynes-Cummings Model with Tunable Nonclassicality Measure*

*This research discusses the generation of nonclassical light in the Jaynes-Cummings model with tunable nonclassicality measure. In this context, the researcher examines how variations in system parameters, such as coupling strength ( $g$ ), detuning ( $\Delta$ ), and driving frequency ( $\Omega$ ), can be used to control and produce non-classical light states, including second-order correlation functions and the Wigner function. Adjustments to the parameters in the Jaynes-Cummings model allow precise control over the quantum statistical properties of the electromagnetic field, demonstrated through numerical simulations and theoretical analysis. Variations in  $g$ , with a constant value of  $\Omega$  set at 0.3 and  $\Delta$  at 0.4, produce more significant changes in the quantum state of the system, making it more effective in steering the system toward a non-classical state. In contrast, variations in  $\Delta$ , with a constant value of  $\Omega$  set at 0.5 and  $g$  at 0.6, as well as variations in  $\Omega$ , with a constant value of  $\Delta$  set at 0.04 and  $g$  at 0.06, tend to have a weaker or less direct influence on altering the quantum characteristics of the system, particularly in the context of light emission. Therefore, focusing on adjusting  $g$  becomes the main priority in research related to non-classical states.*

**Keywords:** *nonclassical light, quantum statistics, Jaynes-Cummings model.*

## 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 kesarjanaan yang saya terima ataupun sanksi akademik lain sesuai dengan peraturan yang berlaku.

Serang, 24 Oktober 2024



Siti Sutihah

NIM: 201720028

Nomor : -  
Lampiran : Satu (1) eks  
Perihal : Pengajuan Munaqasyah  
a.n. Siti sutihah  
NIM. 201720028

Kepada Yth.  
Dekan Fakultas  
Sains  
UIN SMH Banten  
di-  
Serang

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Dipermaklumkan dengan hormat, bahwa setelah membaca dan menganalisa serta mengadakan koreksi seperlunya, kami berpendapat bahwa skripsi saudari Siti Sutihah dengan NIM: 201720028 yang berjudul "Pembangkitan Cahaya Nonklasik dalam Model Jaynes-Cummings dengan Ukuran Nonklasikalitas Tertentu", telah dapat diajukan sebagai salah satu syarat untuk melengkapi ujian munaqasyah pada Fakultas Sains Program Studi Fisika Universitas Islam Negeri Sultan Maulana Hasanuddin Banten.

Demikian atas segala perhatian Bapak kami ucapkan terima kasih.  
Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Serang, 24 Oktober 2024

Pembimbing I



**Beta Nur Pratiwi, M.Si**  
NIP. 199301022023212036

Pembimbing II



**TT ELEKTRONIK**

**Dr. Ahmad Ridwan Tresna Nugraha**  
NIP. 198709202019021002



**Pembangkitan Cahaya Nonklasik dalam Model Jaynes-Cummings dengan  
Ukuran Nonklasikalitas Tertentu**

Oleh:

Siti Sutihah

NIM: 201720028

Menyetujui,

Pembimbing I



Beta Nur Pratiwi, M.Si

NIP. 199301022023212036

Pembimbing II

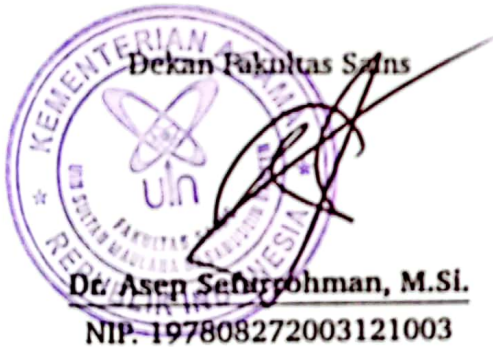


**TT ELEKTRONIK**

Dr. Ahmad Ridwan Tresna Nugraha

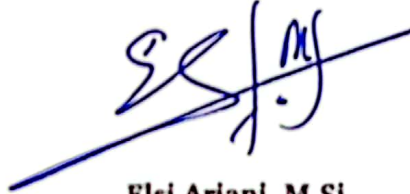
NIP. 198709202019021002

Mengetahui,



**Dekan Fakultas Sains**  
Dr. Asep Setyopohman, M.Si.  
NIP. 197808272003121003

Ketua Program Studi



Elsi Ariani, M.Si

NIP. 198901232018012001



## PENGESAHAN

Skripsi a.n Siti Sutihah, NIM: 201720028 yang berjudul “Pembangkitan Cahaya Nonklasik dalam Model Jaynes-Cummings dengan Ukuran Nonklasikalitas Tertentu” telah diujikan dalam Ujian Tugas Akhir Universitas Islam Negeri Sultan Maulana Hasanuddin Banten pada tanggal 18 Oktober 2024.

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, 24 Oktober 2024

Pembimbing I



Beta Nur Pratiwi, M.Si  
NIP. 199301022023212036

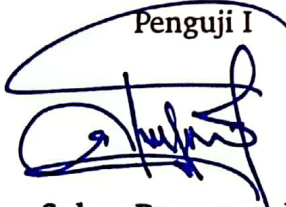
Pembimbing II



TT ELEKTRONIK

Dr. Ahmad Ridwan Tresna Nugraha  
NIP. 198709202019021002

Penguji I



Subur Pramono, M.Si  
NIP. 199006262020121002

Penguji II



Elsi Ariani, M.Si  
NIP. 198901232018012001

Ketua Penguji



Dr. Eko Wahyu Wibowo, M.Si  
NIP. 197504142003121002



## RIWAYAT HIDUP

**Siti Sutihah**, lahir di Pandeglang pada tanggal 07 September 2002, anak ke 4 dari 4 bersaudara, buah kasih pasangan dari ayahanda “**Saprudin**” dan ibunda “**Siti Patimah**”. Penulis pertama kali menempuh pendidikan tepat pada umur 6 tahun di Sekolah Dasar (SD) di SDN Mekarjaya 1 tahun 2008 dan selesai pada tahun 2014, dan pada tahun yang sama melanjutkan Madrasah Tsanawiyah di MTs Salafiyah Darul Bayan Gembong, dan selesai pada tahun 2017, dan pada tahun yang sama penulis melanjutkan pendidikan di Sekolah Menengah Atas (SMA) pada SMA Al- qona’ah penulis mengambil Jurusan IPA dan selesai pada tahun 2020. Pada tahun 2020 penulis terdaftar pada salah satu perguruan tinggi keagamaan islam negeri program studi Fisika Fakultas Sains Universitas Islam Negeri (UIN) Sultan Maulana Hasanuddin Banten.

Selama menempuh perkuliahan penulis mengikuti kegiatan intra dan ekstra-kulikuler yang ada di UIN Sultan Maulana Hasanuddin Banten dengan menjadi anggota Dewan Eksekutif Mahasiswa (DEMA) Fakultas Sains pada Tahun 2022. Selama menempuh pendidikan penulis juga mengikuti Magang Riset tepatnya di Pusat Riset Fisika Kuantum di Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN).

## **PERSEMBAHAN**

Setiap rangkaian kata yang tertulis pada skripsi ini dipersembahkan untuk orang tua dan kakak-kakak hebat dalam hidup penulis, ketulusannya dari hati atas doa yang tak pernah putus, semangat yang tak ternilai. Serta untuk orang-orang terdekat yang tersayang, dan untuk almamater kebanggaanku.



**MOTTO**

*“The best way to get started is to quit talking and begin doing.”*

Walt Disney

## KATA PENGANTAR

*Bismillahirrahmanirrahim*

Puji dan syukur atas kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat karunia-Nya dalam bentuk apapun sehingga Tugas Akhir ini dapat diselesaikan tepat pada waktunya. Sholawat beriringkan salam semoga selalu tercurahkan kepada Nabi Muhammad SAW, kepada keluarganya, sahabatnya dan kita selaku umatnya hingga akhir zaman.

Tugas akhir yang berjudul “Pembangkitan Cahaya Nonklasik dalam Model Jaynes-Cummings dengan Ukuran Nonklasikalitas Tertentu” 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. Maka dari itu pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Allah SWT yang telah memberikan kesempatan dan kesehatan kepada penulis untuk melaksanakan dan menyelesaikan Proposal Tugas Akhir.
2. 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.
3. Bapak Dr. Asep Saefurrohman, M.Si., selaku Dekan Fakultas Sains yang telah mendukung penyelesaian studi dengan lancar.
4. Ibu Elsi Ariani, M.Si selaku Ketua Prodi Fisika Universitas Islam Negeri Sultan Maulana Hasanuddin Banten yang selalu memberikan saran yang baik selama studi.
5. Ibu Beta Nur Pratiwi, M.Si dan Bapak Dr. Ahmad Ridwan Tresna Nugraha selaku dosen pembimbing I dan II yang telah mengarahkan, membimbing,

memberikan masukan, kritik dan saran selama pelaksanaan Penulisan skripsi.

6. Bapak Dr. M Jauhar Kholili dan Kelompok Riset Fisika Energi tinggi Eksperimen di Pusat Riset Fisika Kuantum BRIN yang berkenan menerima sebagai asisten riset dalam program Direktorat Manajemen Talenta BRIN sehingga membantu pendanaan pendidikan selama pelaksanaan penelitian skripsi ini.
7. 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.
8. Kedua orang tua penulis Ayahanda tercinta Saprudin dan Ibunda tercinta Siti Patimah yang telah menjadi orang tua yang sangat luar biasa untuk penulis yang telah mengorbankan waktu, tenaga, dan uang untuk membiayai penulis dari awal Sekolah Dasar (SD) hingga ke Perguruan Tinggi, selalu mendukung, selalu mendoakan, memberikan kasih sayang yang luar biasa sehingga selalu ada motivasi untuk mengerjakan dan menyelesaikan skripsi ini.
9. Untuk kakak tercinta Sopiha, S.Pd.SD, Saepul Bahri, S.Pd, dan Siti Solihah, S.Pd yang selalu memberikan semangat dan motivasi yang tiada hentinya baik nasehat, masukan, dan arahan dalam setiap langkah hidup penulis.
10. Teman-teman seperjuangan yang telah menorehkan cerita dan pengalaman hidup yang inspiratif kepada penulis.

Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini masih memiliki kekurangan dan jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun untuk perbaikan selanjutnya. Akhir kata, hanya kepada Allah SWT penulis berharap semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi kita semua, aamiin.

Serang, 24 Oktober 2024

Penulis

## DAFTAR ISI

ABSTRAK .....	i
ABSTRACT .....	ii
PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI .....	iii
NOTA DINAS .....	iv
LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING .....	v
LEMBAR PENGESAHAN .....	vi
RIWAYAT HIDUP .....	vii
PERSEMBAHAN .....	viii
MOTTO .....	ix
KATA PENGANTAR .....	x
DAFTAR ISI .....	xii
DAFTAR GAMBAR .....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN .....	xv
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Batasan Masalah .....	4
1.3 Rumusan Masalah .....	5
1.4 Tujuan Penelitian .....	5
1.5 Manfaat Penelitian.....	5
1.5.1 Manfaat Teoretis .....	5
1.5.2 Manfaat Praktis .....	5

<b>BAB II</b>	<b>TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>6</b>
2.1	Kajian Teori .....	6
2.1.1	Sistem Dua Tingkat dan Osilator .....	6
2.1.2	Sistem Jaynes-Cummings .....	9
2.1.3	Fungsi korelasi orde kedua $g^{(2)}(\tau)$ .....	11
2.1.4	<i>Photon bunching</i> dan <i>antibunching</i> .....	13
2.1.5	Cahaya Koheren.....	14
2.1.6	Cahaya <i>Bunching</i> (Klasik) .....	14
2.1.7	Cahaya <i>Antibunching</i> (Nonklasik) .....	15
2.1.8	Sistem Dua Tingkat Polaritonik yang Efektif .....	17
2.1.9	Fungsi Wigner .....	21
2.2	Hasil Penelitian yang Relevan.....	23
2.3	Kerangka Berpikir .....	25
<b>BAB III</b>	<b>METODE PENELITIAN</b> .....	<b>26</b>
3.1	Waktu dan Tempat Penelitian .....	26
3.2	Alat dan Bahan .....	26
3.3	Jenis Metode Penelitian .....	26
3.4	Teknik Pengumpulan Data .....	26
3.4.1	Variasi $g$ (kuat interaksi) .....	27
3.4.2	Variasi $\Delta$ ( <i>Detuning</i> ) .....	27
3.4.3	Variasi $\Omega$ (Frekuensi Penggerak) .....	28
3.5	Teknik Analisis Data .....	29
<b>BAB IV</b>	<b>Hasil dan Pembahasan</b> .....	<b>30</b>
4.1	Variasi Fungsi Korelasi Orde Kedua dengan $g$ (kuat interaksi) .	30
4.2	Variasi Fungsi Korelasi Orde Kedua dengan $\Delta$ .....	34
4.3	Variasi Fungsi korelasi Orde Kedua dengan $\Omega$ .....	37
<b>BAB V</b>	<b>Kesimpulan dan Saran</b> .....	<b>46</b>
5.1	Kesimpulan.....	46
5.2	Saran .....	46
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	.....	<b>46</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Ilustrasi model Jaynes-Cummings.....	4
Gambar 2.1	Visualisasi emisi yang tidak koheren dan koheren. ....	9
Gambar 2.2	Perbandingan aliran foton untuk cahaya <i>antibunched</i> , koheren ringan, dan banyak cahaya. ....	13
Gambar 2.3	Plot transmisi standar Jaynes-Cummings. ....	18
Gambar 2.4	Plot transmisi standar Jaynes-Cummings dan sistem dua tingkat. .	19
Gambar 2.5	Diagram Alir Simulasi .....	25
Gambar 4.1	Fungsi korelasi orde kedua dengan variasi parameter $g$ (kuat interaksi). ....	31
Gambar 4.2	Fungsi Wigner untuk parameter $g$ (kuat interaksi) yang berbeda- beda, mulai dari $g = 0.0$ sampai $g = 3.0$ . ....	32
Gambar 4.3	Fungsi korelasi orde kedua dengan variasi parameter $\Delta$ . ....	35
Gambar 4.4	Fungsi Wigner untuk parameter $\Delta$ yang berbeda-beda, mulai dari $\Delta = 0.0$ sampai $\Delta = 3.0$ . ....	36
Gambar 4.5	Fungsi korelasi orde kedua dengan variasi parameter $\Omega$ , dengan nilai konstan $g = 0.06$ dan $\Delta = 0.04$ . ....	38
Gambar 4.6	Fungsi Wigner untuk parameter $\Omega$ yang berbeda-beda, mulai dari $\Omega = 0.0$ sampai $\Omega = 3.0$ . ....	40

## DAFTAR LAMPIRAN

<b>Lampiran A Penurunan Rumus</b> .....	<b>49</b>
A.1 Penurunan Rumus Fungsi Korelasi Orde Kedua .....	49
A.2 Penurunan Rumus Hamiltonian Total Jaynes-Cummings .....	49
<b>Lampiran B Kodingan Program Penelitian</b> .....	<b>51</b>
B.1 Variasi $g^2(0)$ fungsi $g$ dengan menetapkan nilai $\Delta$ dan $\Omega$ .....	51
B.2 Variasi $g^2(0)$ fungsi $\Delta$ dengan menetapkan nilai $g$ dan $\Omega$ .....	54
B.3 Variasi $g^2(0)$ fungsi $\Omega$ dengan menetapkan nilai $g$ dan $\Delta$ .....	57