



# Plagiarism Checker X Originality Report

**Similarity Found: 6%**

Date: Saturday, August 11, 2018

Statistics: 164 words Plagiarized / 2769 Total words

Remarks: Low Plagiarism Detected - Your Document needs Optional Improvement.

---

46 Jurnal Einstein 4 (3) (2016): 46-52 Jurnal Einstein Available online <http://jurnal.unimed.ac.id/2012/index.php/einstein> Preparasi, Sifat Fisis Dan Analisis Termal Medium Gelas Fluorofosfat Didoping Oleh Ion Nd<sup>3+</sup> Untuk Aplikasi Medium Penguat Laser Juniastel Rajagukguk\* Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Medan, Indonesia Diterima Agsutus 2016; Disetujui September 2016; Dipublikasikan Nopember 2016 Abstrak Salah satu medium penguat laser yang sangat populer saat ini adalah berbahan dasar gelas yang disisipkan (doped) dengan ion aktif tanah jarang (rare earth).

Dalam penelitian ini telah berhasil dibuat sebuah medium berbahan dasar gelas fosfat (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) untuk diaplikasikan sebagai medium penguat laser. Rumus kimia dari komposisi gelas tersebut adalah (50-x)P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-8Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-12Na<sub>2</sub>O-10KF-10CaO-10CaF<sub>2</sub>-xNd<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (dengan x = 0,0; 0,5; 1,0; 1,5 dan 2,0). Proses preparasi medium dilakukan dengan metode melt- quenching yang dilebur pada suhu 1000oC.

Sifat fisis dari medium gelas seperti volume molar, kerapatan, indeks bias, konstanta dielektrik dan sifat lainnya telah diukur dengan menggunakan prinsip Archimedes. Sedangkan analisis termal telah diperoleh dengan menggunakan Thermogravimetry analysis (TGA) untuk mengetahui titik lebur dari sistem gelas. Dari hasil pengukuran diperoleh bahwa medium gelas yang telah dibuat memiliki transparansi yang tinggi, tingkat kekerasan yang baik dan homogen.

Hal ini menjadi sebuah langkah awal untuk dapat mengaplikasikan medium gelas Nd:Fosfat sebagai medium penguat laser. Kata kunci: fosfat, medium gelas, sifat fisis. How to Cite: Juniastel Rajagukguk, (2016), Preparasi, Sifat Fisis Dan Analisis Termal Medium Gelas Fluorofosfat Didoping Oleh Ion Nd<sup>3+</sup> Untuk Aplikasi Medium Penguat

Laser, Jurnal Einsten Prodi Fisika FMIPA Unimed, 4 (3) : 46-52. \*Corresponding author: E-mail : juniastel@unimed.ac.id p-ISSN : 2338 – 1981 e-ISSN : 2407 747x Jurnal Einsten 4 (3) (2016): 45-52 47 INTRODUCTION Pemanfaatan material gelas sebagai medium host ion neodimium (Nd<sup>3+</sup>) pertama kali diperkenalkan oleh Snitzer (Snitzer, 1961). Saat itu radiasi emisi yang terstimulasi dapat dihasilkan oleh 2,0 wt.%

ion Nd<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dengan menggunakan lampu xenon flash sebagai sumber pumping. Sejak saat itu hingga sekarang, penelitian di bidang material gelas sebagai host matriks ion tanah jarang (rare earth) khususnya neodimium (Nd<sup>3+</sup>) terus dilakukan. Kajian dan evaluasi terhadap efek amorf material gelas sebagai host dari ion Nd<sup>3+</sup> sangat diperlukan untuk memperoleh jenis dan komposisi optimum dari material gelas tersebut (Vijaya dkk, 2009).

Diantara ion- ion tanah jarang, Nd<sup>3+</sup> merupakan salah satu ion aktif yang sangat populer dan banyak menarik perhatian peneliti di bidang laser karena berpotensi diaplikasikan dalam berbagai bidang. Beberapa aplikasi yang menjanjikan dari pemanfaatan ion Nd<sup>3+</sup> yang didoping pada material gelas (Nd:gelas) diantaranya sebagai penguat optik, pandu gelombang, fiber optik dan sistem penyimpanan data optik (Serqueira dkk, 2011; Ratnakaram dkk, 2005; Jamalaiah dkk, 2012).

Pemanfaatan medium Nd:gelas untuk bidang komunikasi optik (Wan dkk, 2010; Jacobs dkk, 1976) juga sangat menjanjikan khususnya pada rentang panjang gelombang infrared (IR). Hal ini disebabkan radiasi ion Nd<sup>3+</sup> sangat efisien pada transisi 4F<sub>3/2</sub> ? 4I<sub>11/2</sub>. Dalam perkembangan sistem laser dewasa ini, bahan gelas menjadi hal yang sangat menarik untuk dikembangkan sebagai host matriks dari ion tanah jarang khususnya in neodymium.

Seperti diekathui, sampai dengan saat ini industri laser untuk rentang mendekati infra merah (NIR) masih menggunakan host matriks dari bahan kristal padat. Padahal bahan kristal padat memiliki beberapa kelemahan dibanding dengan gelas yakni: proses penumbuhannya yang lama dan rumit, titik lebur yang sangat tinggi yakni mencapai 1500oC (Yuping dkk, 2015) dan mahal. Sebaliknya medium dari bahan gelas pada umumnya memiliki titik lebur yang lebih rendah, mudah membentuknya dan murah.

Beberapa jenis gelas komersial yang secara intensif diteliti untuk dijadikan sebagai host matrix laser diantaranya gelas silika (Pal dkk, 2014), gelas fosfat (Nogata dkk, 2013), gelas borat (Shanmugavelu dkk, 2014) dan gelas tellurite (Kumar dkk, 2007). Gelas fosfat secara tepat digunakan sebagai matriks host Nd<sup>3+</sup> karena memiliki sifat fluoresensi, konstanta termal-optik yang rendah dan indeks bias nonlinier yang rendah.

Lebih lanjut, gelas fosfat juga memiliki temperatur transisi gelas yang rendah, titik lebur yang rendah dan koefisien ekspansi termal yang tinggi (Seshadari dkk, 2010, Rajagukguk dkk, 2016). Beberapa peneliti di bidang optik dan laser telah mencoba mensintesis senyawa pembentuk gelas dengan unsur modifier lainnya untuk mendapatkan host medium penguat laser. Teknik difusi zat padat (Mishra dkk, 2012) merupakan salah satu metode yang dapat digunakan untuk menyisipkan ion  $Nd^{3+}$  ke dalam sistem gelas fosfat.

Selain itu, metode melt-quenching (Rajagukguk dkk, 2015) juga telah dilakukan untuk memperoleh medium gelas untuk diaplikasikan sebagai penguat laser. Dalam artikel ini dijelaskan pembuatan medium gelas berbasis pada gelas fosfat yang didoping oleh ion neodmium ( $Nd^{3+}$ ) untuk diaplikasikan sebagai medium penguat laser. Medium gelas tersebut telah disintesis dengan menggunakan metode melt-quenching pada suhu  $1000^{\circ}C$ .

Pengukuran terhadap massa jenis dilakukan untuk mengetahui sifat fisis medium gelas tersebut. Sedangkan analisis termal dilakukan untuk mengetahui titik lebur dari medium tersebut. METODOLOGI PENELITIAN Unsur utama pembentuk gelas yang digunakan dalam penelitian ini adalah fosfor pentoksida ( $NH_4H_2PO_4$ ).

Untuk Juniastel Rajagukguk, Preparasi, Sifat Fisis Dan Analisis Termal Medium Gelas Fluorofosfat Didoping Oleh Ion  $Nd^{3+}$  Untuk Aplikasi Medium Penguat Laser 48 memperoleh medium yang tidak mudah pecah dan memiliki sifat fluoresensi yang bagus maka unsur fosfat tersebut dicampur dengan beberapa unsur modifier dan fluoride. Formulasi kimia dari gabungan host material dan ion doping adalah  $(50-x)P_2O_5-8Al_2O_3-12Na_2O-10KF-10CaO-10CaF_2-xNd_2O_3$ .

Dimana  $x$  merupakan persentase berat molekul ion  $Nd^{3+}$  yang didoping ke dalam sistem gelas yang diawali dengan tanpa pendopingan ( $x = 0$ ) sampai pada nilai  $x = 2,0$  mol%. Adapun jumlah sampel yang mewakili gelas fosfat ini adalah sebanyak 5 sampel gelas dengan inisial masing-masing adalah PANCaF, PANCaFN1, PANCaFN2, PANCaFN3 dan PANCaFN4 untuk masing-masing nilai  $x = 0; 0,5; 1,0; 1,5$  dan  $2,0$  mol% seperti yang ditunjukkan dalam Tabel 1. Tabel 1.

Variasi terhadap konsentrasi ion  $Nd^{3+}$  dalam material gelas berbasis fosfat. Jenis sampel Komposisi Gelas PANCaF  $50P_2O_5-8Al_2O_3-12Na_2O-10KF-10CaO-10CaF_2$  PANCaFN1  $49,5P_2O_5-8Al_2O_3-12Na_2O-10KF-10CaO-10CaF_2-0,5Nd_2O_3$  PANCaFN2  $49P_2O_5-8Al_2O_3-12Na_2O-10KF-10CaO-10CaF_2-1,0Nd_2O_3$  PANCaFN3  $48,5P_2O_5-8Al_2O_3-12Na_2O-10KF-10CaO-10CaF_2-1,5Nd_2O_3$  PANCaFN4  $48P_2O_5-8Al_2O_3-12Na_2O-10KF-10CaO-10CaF_2-2,0Nd_2O_3$  Setiap komposisi gelas

dicampur di dalam wadah alumina dengan massa total adalah 20 gram.

Sedangkan massa setiap unsur penyusun medium gelas dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan: (1) Dimana  $x_1$  adalah persentase unsur penyusun medium,  $Z$  dan  $M$  masing-masing merupakan berat molekul dan massa dari unsur penyusun medium. Setelah diperoleh massa setiap unsur, selanjutnya dimasukkan, dicampur dan diaduk di dalam wadah alumina (alumina crucible) untuk memperoleh komposisi yang merata.

Sebelum dilebur, terlebih dahulu wadah alumina dimasukkan ke dalam ruang vakum udara untuk mengurangi uap air yang ada dalam material. Langkah selanjutnya adalah wadah alumina yang berisi serbuk penyusun gelas dimasukkan ke dalam tungku listrik. Suhu tungku listrik diatur suhunya 1000 oC dan dibiarkan selama kurang lebih 3 jam.

Setelah seluruh material berbentuk cair, wadah alumina diangkat dan segera dituangkan ke atas cetakan stainless steel yang berbentuk segi empat. Untuk menghindari terjadinya penurunan suhu yang sangat drastis, gelas yang telah dicetak dimasukkan ke dalam tungku listrik lainnya dengan mengatur suhu sebesar 500oC, dimana proses disebut sebagai proses annealing.

Selanjutnya secara perlahan, suhu di dalam tungku listrik diturunkan sampai pada suhu ruang sehingga pada gelas tersebut tidak terjadi retak atau pecah. Untuk mengetahui sifat-sifat fisis dari medium gelas maka dilakukan pengukuran terhadap kerapatan dan volume molar gelas dengan metode Archimedes. Adapun sifat termal dari gelas dapat diketahui melalui analisis thermal oleh Simultaneous Analysis Thermal (STA) 449 F1 Jupiter.

HASIL DAN PEMBAHASAN Hasil yang diperoleh dari perhitungan dengan menggunakan persamaan (1) merupakan massa setiap unsur penyusun medium gelas. Adapun ukuran massa setiap penyusun sistem gelas fosfat tersebut dapat dilihat dalam Tabel 2. Dari tabel tersebut terlihat bahwa semua komposisi unsur pembentuk dan pemodifikasi medium gelas semakin berkurang massanya dengan ditambahkan ion  $Nd^{3+}$  ke setiap medium gelas. Jurnal Einstein 4 (3) (2016): 45-52 49 Tabel 2.

Massa setiap komponen penyusun sistem gelas  $(50-x)P_2O_5-8Al_2O_3-12Na_2O-10KF-10CaO-xNd_2O_3$  Simbol/ komp. Massa setiap komponen (gr) di dalam setiap sampel (x) PANCaF 0,0Nd<sup>3+</sup> PANCaFN1 0,5Nd<sup>3+</sup> PANCaFN2 1,0 Nd<sup>3+</sup> PANCaFN3 1,5 Nd<sup>3+</sup> PANCaFN4 2,0 Nd<sup>3+</sup> P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 13,4174 13,1622 12,9116 12,6655 12,4238 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 1,4061 1,3933 1,3807 1,3683 1,3562 Na<sub>2</sub>O 1,5421 1,5280 1,5142 1,5007 1,4874 KF 1,0601 1,0505 1,0410 1,0317 1,0225 CaO 1,0983 1,0883 1,0785 1,0688 1,0594

CaF<sub>2</sub> 1,4760 1,4626 1,4494 1,4364 1,4237 Nd<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 0,0000 0,3152 0,6246 0,9286 1,2271  
 Total 20 gr 20 gr 20 gr 20 gr 20 gr Adapun sifat fisis dari medium gelas Nd:Fosfat seperti halnya Indeks bias (n), kerapatan (ρ), konsentrasi ion Nd<sup>3+</sup> dan parameter lainnya dapat dilihat dalam Tabel 3.3.

Parameter-parameter tersebut dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan fisika seperti yang telah dilaporkan sebelumnya (Rajagukguk dkk, 2015). Beberapa sifat fisis gelas tersebut seperti indeks bias (n), kerapatan (ρ), kekuatan medan (F), konstanta dielektrik (ε), refraktivitas molar (R<sub>m</sub>), susceptibilitas (χ) dan polarisabilitas ion oksida (α<sub>m</sub>) mengalami peningkatan nilai terhadap pertambahan konsentrasi ion Nd<sup>3+</sup> di dalam gelas. Tabel 3.

Hasil pengukuran dan perhitungan sifat fisis material gelas (50-x)P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-12Na<sub>2</sub>O-8Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-10CaO-10KF-10CaF<sub>2</sub>-xNd<sub>2</sub>O<sub>3</sub> Parameter Inisial Gelas Nd:Fosfat PANCAF PANCaFN1 PANCaFN2 PANCaFN3 PANCaFN4 Massa molar 105,8 106,8 107,7 108,7 109,7 Kerapatan (g/cm<sup>3</sup>) 2,628 2,656 2,681 2,706 2,734 Volume molar (cm<sup>3</sup>/mol) 40,25 40,20 40,18 40,17 40,11 Konsentrasi ion Nd<sup>3+</sup> (Nx10<sup>22</sup>/cm<sup>3</sup>) 0,000 0,749 1,499 2,249 3,003 Polaron radius (Å) 0,000 2,060 1,634 1,428 1,297 Jarak inter nuklir (Å) 0,000 5,111 4,056 3,543 3,217 Kekuatan medan (F x 10<sup>17</sup>cm<sup>2</sup>) 0,000 3,400 5,399 7,076 8,581 Indeks bias 1,523 1,526 1,530 1,533 1,534 Konstanta dielektrik (ε) 2,318 2,330 2,342 2,349 2,353 Refraktivitas molar, R<sub>m</sub>(cm<sup>-3</sup>) 12,29 12,34 12,42 12,46 12,47 Susseptibilitas, 0,105 0,106 0,107 0,107 0,108 Reflection loss, R(%) 4,291 4,340 4,394 4,423 4,441 Polarisabilitas ion oksida (α<sub>m</sub> x 10<sup>-24</sup> cm<sup>3</sup>) 0,487 0,490 0,493 0,494 0,495 Berbeda dengan volume molar (V<sub>M</sub>), jari-jari polaron dan jarak inter nuklir yang semakin menurun terhadap meningkatnya konsentrasi ion Nd<sup>3+</sup> di dalam gelas fosfat.

Penurunan volume molar pada gelas Nd:Fosfat ini mengindikasikan bahwa struktur gelas semakin padat dengan semakin ditambahkan konsentrasi ion Nd<sup>3+</sup>. Secara bersamaan, jarak rata-rata antar atomik juga semakin menurun dengan berkurangnya komposisi phosphor sehingga menyebabkan jumlah efek NBO semakin berkurang. Penurunan volume Juniasstel Rajagukguk, Preparasi, Sifat Fisis Dan Analisis Termal Medium Gelas Fluorofosfat Didoping Oleh Ion Nd<sup>3+</sup> Untuk Aplikasi Medium Penguat Laser 50 molar gelas Nd:Fosfat masih terlihat stabil saat mulai konsentrasi Nd<sup>3+</sup> 0,5 sampai 1,5 mol%.

Namun terjadi penurunan yang signifikan saat konsentrasi ion Nd<sup>3+</sup> menjadi 2,0 mol%. Berdasarkan data tersebut dapat diperoleh bahwa homogenitas maksimum untuk jenis gelas Nd:Fosfat dihasilkan oleh PANCaFN3 atau saat konsentrasi ion Nd<sup>3+</sup> sebesar 1,5 mol%. Hubungan volume molar gelas terhadap konsentrasi ion Nd<sup>3+</sup> juga ditunjukkan pada Gambar 1.

Volume molar dari sistem gelas menunjukkan tren penurunan dengan dinaikkannya komposisi  $\text{Nd}_2\text{O}_3$ . Hal ini mencerminkan terjadinya peningkatan kepadatan struktur gelas dimana dengan semakin meningkatnya konsentrasi ion  $\text{Nd}^{3+}$ , maka jarak rata-rata antar atomik semakin kecil (J. Rajagukguk dkk, 2016). Dalam gambar 1 juga diperlihatkan hubungan antara kerapatan dengan konsentrasi ion  $\text{Nd}^{3+}$ .

Seperti terlihat dalam gambar, dengan ditambahkan konsentrasi ion  $\text{Nd}_2\text{O}_3$  ke dalam jaringan sistem gelas  $\text{P}_2\text{O}_5\text{-Na}_2\text{O-Al}_2\text{O}_3\text{-CaO-KF-CaF}_2$  maka kerapatan dari medium gelas tersebut semakin meningkat. Kenaikan kerapatan ini disebabkan oleh perubahan kedudukan  $\text{P}_2\text{O}_3$  oleh ion oksida  $\text{Nd}_2\text{O}_3$  di dalam gelas. Seperti diketahui bahwa oksida  $\text{Nd}_2\text{O}_3$  memiliki berat molekul lebih besar dibandingkan  $\text{P}_2\text{O}_3$  sehingga semakin banyak ion  $\text{Nd}^{3+}$  maka kerapatan gelas juga semakin tinggi.

Gambar 1. Grafik Kerapatan dan volume molar material gelas  $(50-x)\text{P}_2\text{O}_5\text{-}12\text{Na}_2\text{O-}8\text{Al}_2\text{O}_3\text{-}10\text{CaO-}10\text{KF-}10\text{CaF}_2\text{-}x\text{Nd}_2\text{O}_3$  didoping oleh ion  $\text{Nd}^{3+}$  Untuk memperoleh material gelas yang memiliki ukuran bervariasi, lebih halus dan transparan maka perlu dilakukan pemotongan dan penghalusan.

Adapun material gelas hasil pemotongan dan penghalusan untuk gelas Nd:Fosfat ditunjukkan pada Gambar 2. Setiap sampel dipotong menjadi tiga ukuran yakni  $10 \times 10 \times 3 \text{ mm}^3$ ,  $15 \times 5 \times 3 \text{ mm}^3$  dan  $20 \times 10 \times 3 \text{ mm}^3$ . Terlihat dari gambar bahwa gelas tersebut berwarna ungu sesuai dengan karakteristik warna ion neodimium.

Selain itu diperoleh juga tampilan warna ungu yang semakin pekat untuk konsentrasi dopingan ion  $\text{Nd}^{3+}$  yang makin tinggi. Gambar 2. Medium gelas Nd:Fosfat yang telah dipotong dan dihaluskan 40,00 40,05 40,10 40,15 40,20 40,25 40,30 2,60 2,64 2,68 2,72 2,76 2,80 0,00 0,50 1,00 1,50 2,00 Volume molar ( $\text{cm}^3 \text{ mol}^{-1}$ ) Kerapatan ( $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$ ) Konsentrasi ion  $\text{Nd}^{3+}$  Kerapatan Volume Molar , , , , , Jurnal Einstein 4 (3) (2016): 45-52 51 Gambar 3.

Analisis Thermogravimetry (TG) dari bubuk medium gelas  $\text{P}_2\text{O}_5\text{-Na}_2\text{O-Al}_2\text{O}_3\text{-CaO-KF-CaF}_2$  didoping oleh ion  $\text{Nd}^{3+}$ . Gambar 3 menunjukkan hasil dari analisis thermogravimetry (Thermogravimetry -TGA) dari sistem gelas fosfat yang didoping oleh ion  $\text{Nd}^{3+}$ . Sebelum dianalisis, terlebih dahulu medium gelas diubah kedalam bentuk serbuk dengan menggunakan peralatan ball mill.

Kemudian STA 449 dipanaskan dari suhu  $35^\circ\text{C}$  sampai dengan  $1000^\circ\text{C}$  dengan laju kenaikan suhu sebesar  $20^\circ\text{C}/\text{menit}$ . Kurva TGA untuk semua sampel dikarakterisasi melalui pengaruh endotermik lemah pada rentang suhu  $200\text{-}400^\circ\text{C}$  dan dihubungkan

pada fenomena transisi gelas ( $T_g$ ). Persentasi kehilangan massa pada rentang suhu 600 – 1000 oC yang ditunjukkan oleh kurva TGA menandakan bahwa titik lebur material ini mendekati suhu 1000 oC.

Hal ini ditunjukkan dari semakin kecilnya perubahan massa sampel pada saat suhu mendekati 1000oC. KESIMPULAN Medium gelas berbasis fosfat yang didoping oleh ion  $Nd^{3+}$  telah berhasil dibuat dengan metode melt-quenching pada suhu 1000 oC. Dari hasil peleburan diperoleh gelas yang memiliki tingkat kekerasan yang baik dan transparansi yang tinggi.

Campuran dari semua unsur penyusun gelas juga terlihat homogen. Hal ini diketahui dari tidak adanya bintik atau cacat struktur di dalam gelas. Berdasarkan pengukuran terhadap kerapatan diperoleh hasil yang semakin meningkat dengan ditambahkannya konsentrasi ion  $Nd^{3+}$  ke dalam komposisi gelas. Hal ini disebabkan oleh perubahan kedudukan  $P_2O_3$  oleh ion oksida  $N_2O_3$  di dalam gelas.

Seperti diketahui bahwa oksida  $N_2O_3$  memiliki berat molekul lebih besar dibandingkan  $P_2O_3$  sehingga semakin banyak ion  $Nd^{3+}$  maka kerapatan gelas juga semakin tinggi. Kerapatan medium ini juga mempengaruhi indeks bias gelas yang juga semakin tinggi dengan ditambahkannya konsentrasi ion  $Nd^{3+}$ . Dari hasil analisis termal diperoleh bahwa titik lebur susunan gelas Nd:Fosfat ini adalah mendekati suhu 1000 oC. DAFTAR PUSTAKA J. Rajagukguk, M. Djamal, R.

Hidayat, Suprijadi and J. Kaewkhao. "Stral O Characteristics of  $Eu^{3+}$  ions in Sodium G Journal of Molecular Structure 1121 (2016) 180-187. Jacobs, R.R., dan Weber, M.J. (1976): Dependence of the  $4F_3/2 \rightarrow 4I_{11/2}$  induced-emission cross section for  $Nd^{3+}$  on glass composition, IEEE Journal of Quantum Electronics, 12(2), 102-109.

Jamalaiah, B. C., Suhasini, T., Rama Moorthy, L., Kim, I.G., Yoo, D.S., dan Jang, K. (2012): Structural and luminescence properties of  $Nd^{3+}$ -doped  $PbO - B_2O_3 - TiO_2 - AlF_3$  glassf1.laser applications, Journal of Luminescence, 132, 1144 – 1149. Kumar, K.U., Prathyusha, V.A., Babu, P., Jayasankar, C.K., Joshi, A.S., Speghini, A, dan Bettinelli, M.

(2007): Fluorescence properties of  $Nd^{3+}$ -doped tellurite glasses, Spectrochimica Acta. Part A, Juniastel Rajagukguk, Preparasi, Sifat Fisis Dan Analisis Termal Medium Gelas Fluorofosfat Didoping Oleh Ion  $Nd^{3+}$  Untuk Aplikasi Medium Penguat Laser 52 Molecular and Biomolecular Spectroscopy, 67(3-4), 702 – 708. Mishra, G. C., Upadhyay, A. K., Kher, R. S., & Dhoble, S. J. (2012).

Synthesis and luminescence properties of rare earth doped, 898 – 901.

<https://doi.org/10.1007/s10853-011-5870-4> Nogata, K., Suzuki, T., dan Ohishi, Y. (2013): Quantum efficiency of Nd<sup>3+</sup>-doped phosphate glass under simulated sunlight, *Optical Materials*, 35(11), 1918- 1921. Pal, I., Agarwal, A., Sanghi, S., Aggarwal, M.P., dan Bhardwaj, S.

(2014): Fluorescence and radiative properties of Nd<sup>3+</sup> ions doped zinc bismuth silicate glasses, *Journal of Alloys and Compounds*, 587, 332 – 338. Rajagukguk, J., Djamal, M., Hidayat, R., Suprijadi, S., Amminudin, A., Ruangtawee, Y., & Kaewkhao, J. (2016). *Optical Properties of Nd<sup>3+</sup> Doped Phosphate Glasses at 4F<sub>3/2</sub>-> 4I<sub>11/2</sub> Hypersensitive Transitions*. *The Journal of Pure and Applied Chemistry Research*, 5(3).

Rajagukguk, J., Simamora, P., Aminudin, A., Djamal, M., Suprijadi, Hidayat, R. (2015): *Preparasi dan Karakterisasi Sifat Fisis Ion Nd<sup>3+</sup> Didoping pada Gelas Na<sub>2</sub>O-PbO-ZnO-Li<sub>2</sub>O-B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>*. *Spektra: Jurnal Fisika dan Aplikasinya*, 16, (3). Ratnakaram, Y.C., Vijaya, K.A., Tirupathi Naidu, D., dan Chakradhar, R.P.S.

(2005): Absorption and emission properties of Nd<sup>3+</sup> in lithium cesium mixed alkali borate glasses. *Solid State Communications*, 136, 45 – 50. Serqueira, E.O., Dantas, N.O., Anjos, V., Pereira-da-Silva, M.A., dan Bell, M.J.V. (2011): *Optical spectroscopy of Nd<sup>3+</sup> ions in a nanostructured glass matrix*, *Journal of Luminescence*, 131, 1401 – 1406. Seshadri, M., Rao, K.V., Rao, J.L., Rao, K.K.,

dan Ratnakaram, Y.C. (2010): *Spectroscopic investigations and luminescence spectra of Nd<sup>3+</sup> and Dy<sup>3+</sup> doped different phosphate glasses*, *Journal of Luminescence*, 130(4), 536-543. Shanmugavelu, B., Venkatramu, V., dan Kumar, V. R. K.

(2014): *Optical properties of Nd<sup>3+</sup> doped bismuth zinc borate glasses*, *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, 122, 422-427. Snitzer, E. (1961): *Optical maser action of Nd<sup>3+</sup> in a barium crown glass*, *Physical Review Letter*, 7, 444-446. Tai, Y., Zheng, G., Wang, H., & Bai, J. (2015). *Near-infrared quantum cutting of Ce<sup>3+</sup> – Nd<sup>3+</sup> co-doped Y<sub>3</sub>Al<sub>5</sub>O<sub>12</sub> crystal for crystalline silicon solar cells*.

*Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry*, 303 – 304, 80 – 85. <https://doi.org/10.1016/j.jphotochem.2015.02.009> Vijaya, R., Venkatramu, V., Babu, P., Moorthy, L.R., dan Jayasankar, C. (2009) *1.06µm transition characteristics of Nd<sup>3+</sup>-doped fluorophosphate glasses*. *Materials Chemistry and Physics*, 117(1), 131 – 137. Wan, J., Cheng, L., Sun, J., Zhong, H., Li, X., Lu, W., Tian, Y., Wang, B., dan Chen, B.

(2010): *Composition-dependent spectroscopic properties of Nd<sup>3+</sup>-doped tellurite – germanate glasses*. *Physica B: Condensed Matter*, 405(8), 1958 – 1963. Research Institute

(JAERI), Japan.

INTERNET SOURCES:

---

<1% -

[http://digilib.batan.go.id/e-prosiding/File%20Prosiding/Kesehatan/Pros\\_RkysaNuk\\_2011/Pros\\_PerNuklir/Rahmat\\_1.pdf](http://digilib.batan.go.id/e-prosiding/File%20Prosiding/Kesehatan/Pros_RkysaNuk_2011/Pros_PerNuklir/Rahmat_1.pdf)

<1% -

<http://download.portalgaruda.org/article.php?article=20476&val=1243&title=KOMPARASI%20PETA%20KURVA%20RESIDU%20SISTEM%20TERNER%20ASETON-n-BUTANOL-ETANOL%20DENGAN%20METANOL-ETANOL-PROPANOL>

<1% - <http://chemistryinstructionalmultimedia.blogspot.com/feeds/posts/default>

<1% - <https://www.scribd.com/document/259038627/Gelas-Dan-Kaca>

<1% - <https://aphroditestory.wordpress.com/>

<1% - <https://www.scribd.com/document/250015825/3051-SNI-06-0084-2002-pdf>

<1% - <http://rudyanshory.blogspot.com/2011/11/makalah-kimia-unsur.html>

<1% - <http://majapahitgemstone.blogspot.com/feeds/posts/default>

<1% -

<https://www.scribd.com/document/92780695/Buku-Bse-Kimia-Kelas-11-Semester-1-2>

<1% - <http://www.tandfonline.com/doi/citedby/10.1080/14786437008221061>

<1% -

[http://jpacr.ub.ac.id/index.php/jpacr/oai?verb=ListRecords&metadataPrefix=oai\\_dc](http://jpacr.ub.ac.id/index.php/jpacr/oai?verb=ListRecords&metadataPrefix=oai_dc)

1% - <http://jpacr.ub.ac.id/index.php/jpacr/article/view/266/pdf>

<1% - <http://journal.unj.ac.id/jurnalunj/?page=view&id=128>

<1% - <https://www.science.gov/topicpages/a/alkali+doped+swnt.html>

<1% - <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022231311001402>

1% -

[https://www.researchgate.net/publication/229360936\\_Spectroscopic\\_investigations\\_and\\_luminescence\\_spectra\\_of\\_Nd3\\_and\\_Dy3\\_doped\\_different\\_phosphate\\_glasses](https://www.researchgate.net/publication/229360936_Spectroscopic_investigations_and_luminescence_spectra_of_Nd3_and_Dy3_doped_different_phosphate_glasses)

<1% - <https://www.science.gov/topicpages/z/zinc+borate+glasses>

1% -

<http://esdocs.com/doc/297366/trabajo-de-fin-de-grado---universidad-de-la-laguna>

1% -

[https://www.researchgate.net/publication/272424229\\_Near-infrared\\_quantum\\_cutting\\_of\\_Ce3-Nd3\\_co-doped\\_Y3Al5O12\\_crystal\\_for\\_crystalline\\_silicon\\_solar\\_cells](https://www.researchgate.net/publication/272424229_Near-infrared_quantum_cutting_of_Ce3-Nd3_co-doped_Y3Al5O12_crystal_for_crystalline_silicon_solar_cells)

<1% - [http://www.fe.zju.edu.cn/english/redir.php?catalog\\_id=6589&object\\_id=7141](http://www.fe.zju.edu.cn/english/redir.php?catalog_id=6589&object_id=7141)