

## Calon-calon Nukleus Galaksi Aktif Berubah-Rupa pada $z \leq 0.02$ dalam Katalog Swift-BAT ke-105 Bulan

(Changing-Look Active Galactic Nuclei Candidates at  $z \leq 0.02$  in the 105-Month Swift-BAT Catalogue)

MUHAMMAD EZZAT ABDUL HAMID & ADLYKA ANNUAR\*

### ABSTRAK

Nukleus galaksi aktif berubah-rupa (CL AGN) adalah sebuah objek astrofizik yang jarang ditemui. Objek ini mengalami perubahan fluks dan spektra yang dramatik dalam skala masa beberapa tahun atau dekad. Dalam kertas ini, kami mengkaji sampel AGN berhampiran dengan kita yang terletak pada  $z \leq 0.0200$  dalam katalog Swift-BAT ke-105 bulan. Berdasarkan lengkung cahaya sinar-X bertenaga tinggi, kami mendapati bahawa 27 daripada 174 AGN; i.e.  $(15.51 \pm 0.03)\%$ , dalam sampel kami menunjukkan perubahan fluks yang signifikan berdasarkan ujian statistik. Jumlah ini menunjukkan pertambahan sebanyak dua kali ganda daripada jumlah CL AGN yang dikenal pasti dalam alam semesta setakat ini. Ini mencadangkan bahawa objek tersebut adalah calon CL AGN. Kami juga mengkaji faktor fizikal yang mungkin menyumbang kepada perubahan yang dilihat pada calon tersebut berdasarkan bentuk lengkung cahaya dan kajian lepas dan mendapati bahawa bagi satu objek, perubahan yang dilihat berkemungkinan besar disebabkan oleh kejadian gangguan pasang surut. Sementara itu bagi tiga calon, kajian lepas menunjukkan bahawa mereka mengalami perubahan spektra optik atau sinar-X. Ini mencadangkan bahawa calon ini mempunyai struktur torus yang tidak sekata. Hal ini bertentangan dengan apa yang dicadangkan oleh model satuan AGN, menunjukkan bahawa model ini mungkin tidak lagi sesuai digunakan sebagai gambaran umum struktur fizikal sesebuah AGN. Namun begitu, data dan kajian lanjut perlu dijalankan untuk mengenal pasti faktor ini dengan lebih terperinci dan bagi mengkaji faktor untuk calon CL AGN yang selebihnya dalam kajian kami yang selanjutnya.

Kata kunci: Lohong hitam; nukleus galaksi aktif (AGN); sinar X; Swift-BAT

### ABSTRACT

Changing-look active galactic nuclei (CL AGN) are relatively rare objects, identified based upon their dramatic flux and spectral changes within a timescale of years or decades. In this paper, we study a sample of nearby AGN within  $z \leq 0.0200$  in the 105-month Swift-BAT catalogue to identify CL AGN using their hard X-ray lightcurves. Based on this, we find that 27 out of 174 AGN; i.e.  $(15.51 \pm 0.03)\%$ , show statistically significant flux changes, suggesting that they are candidates for CL AGN. This number further doubles up the number of CL AGN that we know so far in our universe. We investigate the physical factors that could contribute to the changes seen in these AGN based on the pattern of their lightcurves and past studies, and find that for one object, tidal disruption event is likely the cause. Meanwhile for three of the candidates, past studies have shown that they underwent significant optical or X-ray spectral changes, suggesting that the torus distributions in these AGN are patchy. This is in contradiction with that suggested by the AGN unified model, indicating that this model might no longer be relevant to illustrate the general physical structure of an AGN. However, further data and studies need to be conducted to investigate these factors in more detail. This is also true for the remaining of the CL AGN candidates we identify which we could not investigate the cause due to lack of data and information. This will be our next step for this work.

Keywords: Active galactic nuclei (AGN); black holes; Swift-BAT; X-ray

### PENGENALAN

Nukleus galaksi aktif (AGN) merupakan satu rantau yang padat dan paling bercahaya di pusat sesebuah galaksi. AGN memancarkan sinaran pada keseluruhan spektrum elektromagnetik daripada gelombang radio sehingga ke sinar-X dan sinar-gamma. Sinaran yang dipancarkan AGN dipercayai disebabkan oleh penokokan bahan terhadap lohong hitam supermasif (SMBH) yang terdapat di pusat sistem AGN.

Struktur fizikal AGN digambarkan oleh model satuan AGN (Antonucci 1993). Dalam model ini, pusat AGN mempunyai SMBH yang dikelilingi cakera tokokan bergas, rantau garis lebar (BLR), rantau garis sempit (NLR), torus, jet dan korona. Berdasarkan model ini, AGN boleh dikelaskan kepada beberapa jenis, seperti Seyfert 1, Seyfert 2, galaksi kelas perantara dan blazar. Pengelasan AGN ini adalah berdasarkan sudut orientasi sistem AGN tersebut daripada sudut pandangan pencerapan. Contohnya, Seyfert

1 dan 2 dibezakan berdasarkan kepada penampakan BLR AGN tersebut.

Baru-baru ini, beberapa kajian menunjukkan bahawa sesetengah AGN menunjukkan perubahan yang signifikan pada fluks dan spektra pada waktu pencerapan yang berbeza dalam skala masa tahun atau dekad. AGN hakikatnya adalah sebuah jasad yang sentiasa menunjukkan kebolehubahan kerana itu merupakan sifat semula jadi sesebuah AGN. Kebolehubahan pada AGN ini disebabkan ketidakstabilan cakera tokokan yang mengelilingi SMBH tersebut. AGN yang normal mempunyai kebolehubahan sekitar ~10-20% sahaja (Peterson 2001). Namun begitu, didapati sesetengah AGN menunjukkan perubahan fluks berkali-kali ganda lebih tinggi berbanding kebiasaan dan kebolehubahannya melebihi 20%. Perkara ini lebih dikenali sebagai AGN berubah-rupa (CL AGN) (Yang et al. 2018). Model satuan AGN menggambarkan AGN mempunyai torus berbentuk donut dengan taburan gas dan debunya sekata. Berdasarkan model ini, seharusnya AGN tidak mengalami perubahan spektra kerana pengaburan terhadap BLR dan pusat AGN oleh torus adalah sekata sepanjang masa. Namun begitu, perubahan yang dilihat pada sesetengah CL AGN mencadangkan torus AGN mempunyai taburan yang tidak sekata contohnya seperti kepulan awan yang mempunyai ketumpatan yang berbeza. Kepulan awan torus ini bergerak dan menyebabkan perbezaan pengaburan (Nenkova et al. 2008). Perkara ini dilihat tidak selari dengan model satuan AGN. Justeru, kajian terhadap CL AGN memberi cabaran kepada ahli astrofizik untuk memahami model yang tepat bagi menggambarkan sesebuah AGN.

Mekanisma perubahan fizikal AGN masih lagi dalam perdebatan. Selain daripada struktur *torus*, mekanisme lain yang dicadangkan adalah perubahan kadar penokokan bahan terhadap SMBH dalam model evolusi AGN dan kejadian gangguan pasang surut (TDE) sebuah bintang disebabkan oleh SMBH (Eracleous et al. 1995). Merloni et al. (2015) membincangkan bagaimana TDE sebuah bintang yang hampir dengan lohong hitam akan menghasilkan suar dan luminositinya akan meningkat secara dramatik. Perkara ini menyebabkan AGN tersebut dikelaskan sebagai CL AGN. Namun begitu, TDE merupakan satu kejadian yang sangat jarang berlaku dan hanya terjadi dalam tempoh masa yang sangat singkat (Oknyansky et al. 2017).

Kajian mengenai CL AGN merupakan satu kajian yang agak baharu dan setakat ini hanya beberapa CL AGN sahaja yang dapat dikenal pasti seperti NGC 7603 (Tohline & Osterbrock 1976), Mrk 1018 (Cohen et al. 1986), NGC 1097 (Storchi-Bergmann et al. 1993), NGC 7582 (Aretxaga et al. 1999), NGC 3065 (Eracleous & Halpern 2001), Mrk 590 (Denney et al. 2014) NGC 2617 (Shappee et al. 2014), J015957.64+003310.5 (LaMassa et al. 2016), IC 751 (Ricci et al. 2016) dan WISE J105203.55+151929.5 (Stern et al. 2018).

Yang et al. (2018) telah mengkaji CL AGN dalam arkib spektrum *Sloan Digital Sky Survey* (SDSS) dan *Large Area Multi-Object Fibre Spectroscopic Telescope* (LAMOST) menggunakan data fotometrik (fluks). Secara keseluruhannya, mereka berjaya menemukan 21 calon-

calon CL AGN baharu pada anjakan merah  $0.08 < z < 0.58$ . Enam daripada calon yang dikenal pasti disahkan sebagai CL AGN oleh data spektroskopi baharu.

Dalam kajian ini, kami mengenal pasti calon-calon CL AGN yang terdekat dengan kita menggunakan katalog sumber sinar-X daripada teleskop tinjau keseluruhan langit Niel Gehrel's *Swift Burst Alert Telescope* (Swift-BAT). Ini bertujuan untuk membantu melengkapkan populasi CL AGN dalam alam semesta dan membantu kita untuk mengkaji faktor yang menyebabkan perubahan yang dilihat, sekaligus memahami struktur AGN yang sebenar.

## DATA DAN KAEDAH

### SAMPEL AGN

Kajian dijalankan dengan menggunakan katalog sumber sinar-X oleh teleskop tinjau Swift-BAT yang ke-105 bulan (Oh et al. 2018) untuk mengesan perubahan fluks AGN dalam panjang gelombang sinar-X. Katalog ini mengandungi sumber sinar-X bertenaga tinggi (14-195 keV) yang dikesan oleh Swift-BAT sepanjang 105 bulan pertama misi tersebut. Secara keseluruhannya, katalog ini mengandungi 1632 objek, dengan 422 adalah pengesanan baharu berbanding katalog terdahulu (Baumgartner et al. 2012). Objek yang dikesan termasuklah AGN, dedua sinar-X, pulsar dan galaksi biasa.

Dalam kajian ini, kami memberi tumpuan kepada AGN jenis Seyfert 1 (Sy 1.0-1.8) dan Seyfert 2 (Sy 1.9-2.0) yang dikesan oleh Swift-BAT pada anjakan merah  $z \leq 0.0200$ . Had anjakan merah ini dipilih bagi membolehkan kami mengkaji AGN yang terdekat dengan kita dengan saiz sampel yang mencukupi bagi menjalankan ujian statistik. Setelah katalog Swift-BAT disaring, sampel akhir kami mengandungi 174 AGN yang terletak pada  $z \leq 0.0200$ .

### PENGENALPASTIAN CL AGN

Katalog Swift-BAT menghasilkan beberapa produk antaranya ialah kadar fluks bagi setiap AGN sepanjang 105 bulan cerapan (lengkung cahaya). Kebiasaannya, ujian statistik dijalankan untuk mengenal pasti kebolehubahan fluks AGN (Ricci et al. 2016; Soldi et al. 2014) kerana sukar untuk mengesan kebolehubahan fluks berdasarkan pemerhatian lengkung cahaya sahaja. Dalam kajian ini, ujian analisis varians, ANOVA (Man et al. 2017) digunakan bagi mengenal pasti AGN yang menunjukkan sifat kebolehubahan yang signifikan berdasarkan kadar penerimaan fotonnya sepanjang tempoh 105 bulan misi tinjauan. ANOVA ialah satu kaedah pengujian statistik yang digunakan untuk menguji perbezaan dua atau lebih kumpulan sampel data. ANOVA biasanya digunakan untuk menentukan kebolehubahan sesuatu data yang diperoleh. Dalam erti kata lain, ANOVA digunakan untuk menolak hipotesis nol atau menerima hipotesis alternatif. Hipotesis nol ialah hipotesis yang menyatakan tiada hubungan kait statistik yang signifikan antara dua pemboleh

ubah manakala hipotesis alternatif menyatakan terdapat hubung kait statistik yang signifikan antara dua pemboleh ubah.

Sebelum ujian ANOVA dijalankan, data kadar foton yang diterima sepanjang tempoh 105 bulan ini ditapis dengan menyingkirkan nilai negatif yang mungkin disebabkan ralat peralatan pencerap. Selepas itu, data bersih ini akan dibahagikan sama rata kepada 3-5 kelompok data yang sama saiznya. Ujian ANOVA kemudian dijalankan menggunakan pengaturcaraan dan fungsi ringkas yang terdapat pada perisian *Matrix Laboratory* (MATLAB) untuk mengenal pasti calon-calon CL AGN. AGN yang menunjukkan sifat kebolehubahan pada nilai- $p \leq 0.01$  dipilih sebagai calon-calon CLAGN. Dalam pengujian statistik, nilai- $p$  digunakan sebagai penanda aras bagi menentukan sejauh mana kebolehubahan sesuatu

keputusan. Nilai- $p$  yang kecil memberikan keutuhan kebolehubahan yang jitu terhadap keputusan pengujian yang dijalankan. Oleh itu, semakin kecil nilai- $p$  tersebut, semakin utuh kebolehubahan yang ditunjukkan oleh AGN tersebut. Kebiasaannya nilai- $p$  yang digunakan adalah 0.01 dan 0.05. Dalam kajian ini, nilai- $p$  0.01 dipilih kerana nilai ini lebih restriktif dan keputusannya lebih tertumpu. Pentingnya untuk melakukan pengujian statistik ini kerana agak sukar untuk melihat secara nyata kebolehubahan kadar penerimaan foton pada graf lengkung cahaya sahaja.

Bagi mengukur perubahan nilai fluks pada calon-calon CL AGN, varians lebihan,  $F_{\text{var}}$  digunakan untuk melihat sejauh mana kadar perubahan kadar bilangan foton pada calon-calon CLAGN (Peterson 2001; Vaughan et al. 2003). Ketakpastian pengukuran fluks individu menyumbang kepada pertambahan varians. Oleh itu,  $F_{\text{var}}$  digunakan

JADUAL 1. Calon-calon CLAGN pada  $z \leq 0.0200$  dalam katalog Swift-BAT ke-105 bulan

Galaksi	Jenis	Anjakan merah	Luminositi	Nilai-p	$F_{\text{var}}$
NGC 526A	Sy 2.0	0.0191	43.78	9.78E-13	0.27±0.02
NGC 5548	Sy 1.5	0.0172	43.76	1.08E-11	0.22±0.02
NGC 4151	Sy 1.5	0.0033	43.17	1.70E-11	0.029±0.002
NGC 973	Sy 2.0	0.0162	43.46	1.83E-10	0.47±0.03
WKK 4374	Sy 1.9	0.0180	43.27	5.94E-07	0.66±0.05
NGC 2617	Sy 1.8	0.0142	42.86	1.44E-05	0.74±0.06
ESO 548-G081	Sy 1.9	0.0145	43.29	4.37E-05	0.47±0.03
NGC 4507	Sy 1.9	0.0118	43.76	7.53E-05	0.15±0.01
Mrk 3	Sy 1.9	0.0135	43.79	1.74E-04	0.15±0.01
2MASX J04440903+2813003	Sy 2.0	0.0113	43.15	2.55E-04	0.62±0.05
NGC 4388	Sy 2.0	0.0084	43.64	3.43E-04	0.11±0.01
NGC 2110	Sy 2.0	0.0078	43.65	5.62E-04	0.08±0.01
2MASXJ10402231-4625264	Sy 2.0	0.0200	43.28	5.84E-04	0.75±0.06
IC 4709	Sy 2.0	0.0169	43.40	1.47E-03	0.59±0.04
UGC 03601	Sy 1.9	0.0171	43.08	2.15E-03	1.00±0.08
4C 50.55	Sy 1.2	0.0200	44.28	2.63E-03	0.09±0.01
NGC 4235	Sy 1.2	0.0080	42.74	2.79E-03	0.55±0.04
NGC 7679	Sy 2.0	0.0171	43.09	4.35E-03	1.82±0.15
NGC 4945	Sy 2.0	0.0019	42.35	6.73E-03	0.12±0.01
NGC 3281	Sy 2.0	0.0107	43.32	8.34E-03	0.28±0.02
4U 1344-60	Sy 1.9	0.0129	43.62	8.46E-03	0.21±0.01
MCG +04-48-002	Sy 2.0	0.0139	43.51	9.59E-03	0.34±0.02
NGC 6300	Sy 2.0	0.0037	42.46	0.01	0.22±0.02
IC 4329A	Sy 1.5	0.0160	44.18	0.01	0.11±0.01
NGC 3079	Sy 2.0	0.0037	42.05	0.01	0.53±0.04
IC 2461	Sy 2.0	0.0075	42.38	0.01	0.76±0.06
NGC 788	Sy 2.0	0.0136	43.51	0.01	0.34±0.02

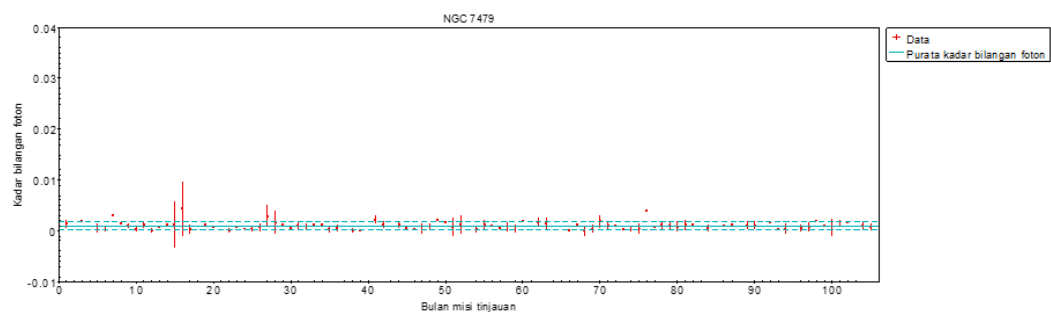
sebagai penganggar varians sumber intrinsik (Edelson et al. 2002; Nandra et al. 1997). Nilai  $F_{\text{var}}$  ditentukan menggunakan formula yang ditetapkan oleh Vaughan et al. (2003).

#### KEPUTUSAN DAN PERBINCANGAN

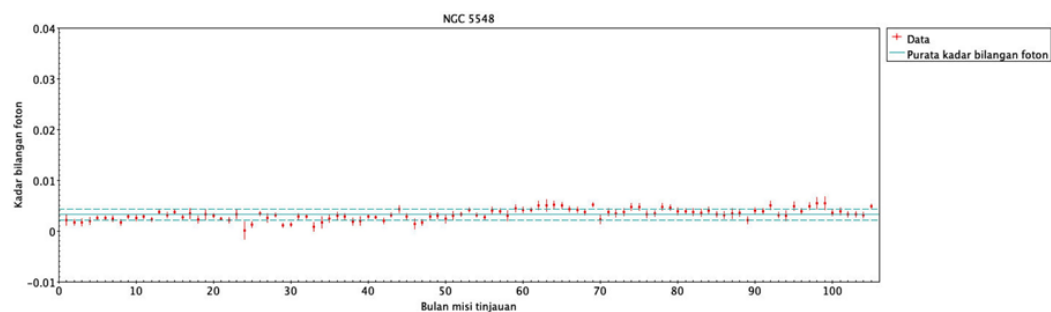
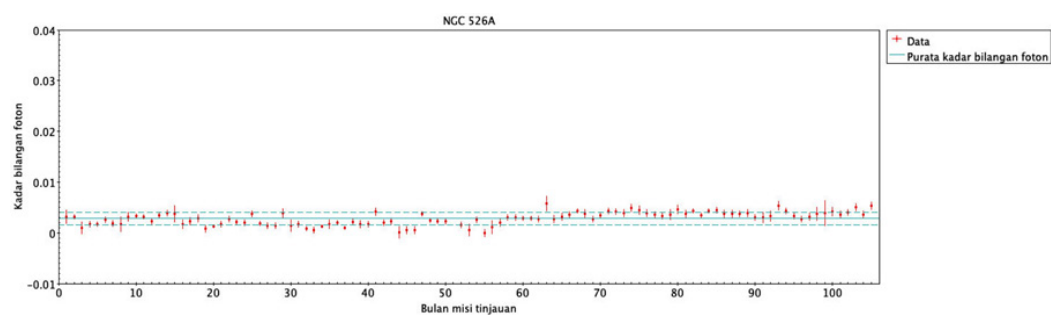
Berdasarkan ujian ANOVA yang dijalankan terhadap 174 AGN pada  $z \leq 0.0200$  dalam katalog Swift-BAT ke-105 bulan, kami berupaya mengenal pasti 27 AGN yang menunjukkan perubahan fluks yang signifikan, sekaligus mencadangkan bahawa mereka adalah calon-calon bagi CL AGN. Jumlah ini dilihat melebihi nilai CL AGN yang ditemui oleh Yang et al. (2018) iaitu sebanyak 21 CLAGN di langit utara. Ini menambahkan lagi sampel CL AGN dalam alam semesta. Senarai calon yang dikenal pasti ini disenaraikan seperti dalam Jadual 1, disusun mengikut nilai-p yang dihitung berdasarkan ujian ANOVA. Lengkung cahaya bagi AGN nilai-p yang tidak signifikan ditunjukkan dalam Rajah 1. Manakala lengkung cahaya bagi kesemua calon CL AGN tersebut pula ditunjukkan dalam Rajah 2.

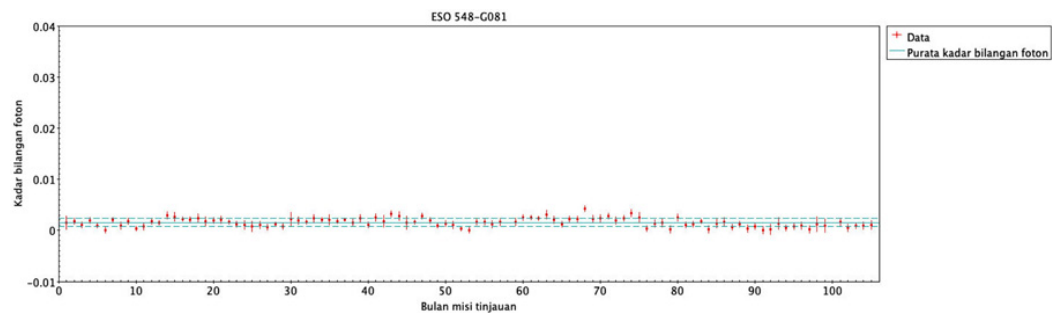
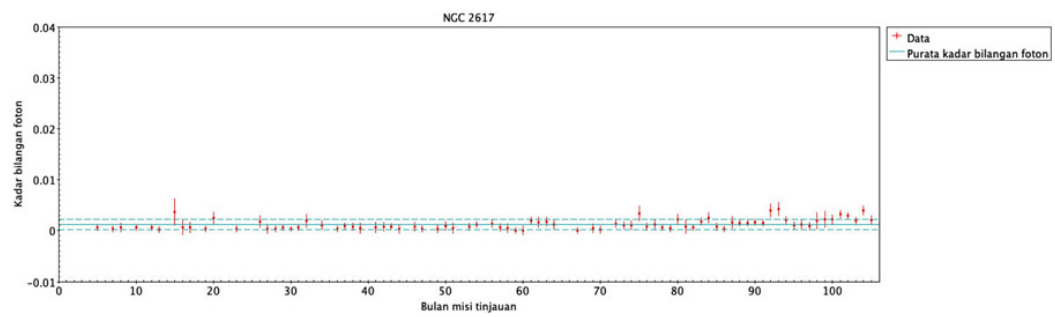
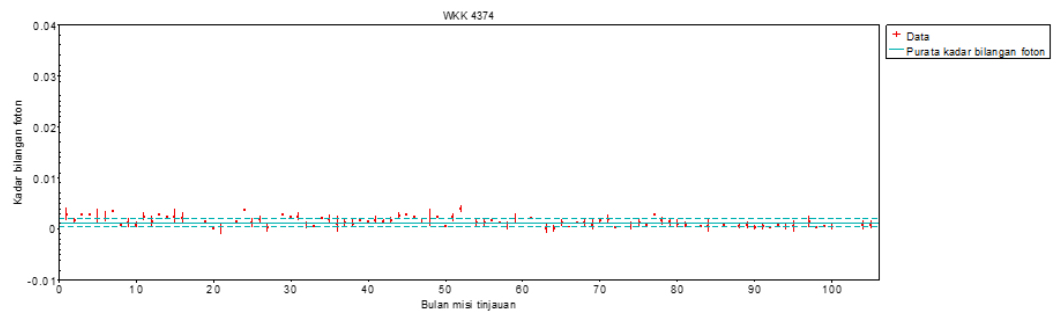
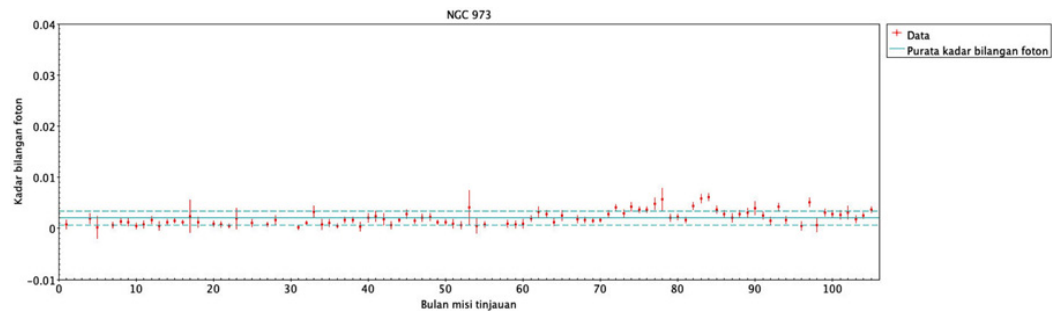
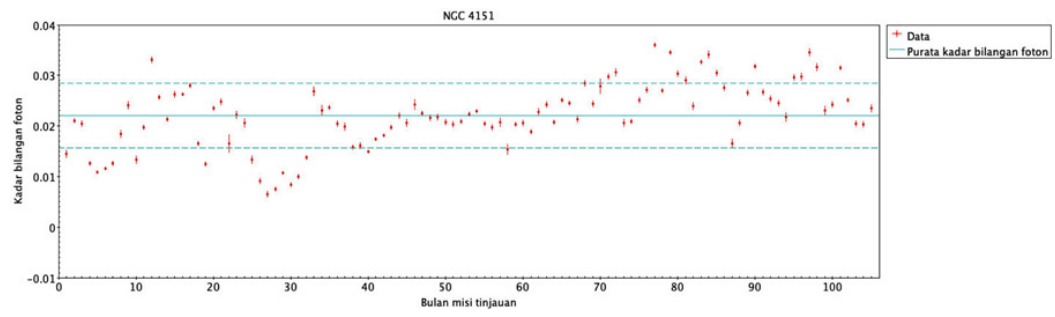
Seperti yang dapat dilihat pada Rajah 1 dan 2, sukar untuk kita mengesan kebolehubahan yang signifikan berdasarkan teknik pemerhatian terhadap lengkung cahaya AGN sahaja. Namun begitu, terdapat beberapa calon CL AGN yang kebolehubahannya dapat dilihat dengan jelas berdasarkan pemerhatian lengkung cahayanya. Sebagai contoh, NGC 526A menunjukkan corak peningkatan kadar foton sekitar bulan ke-60. Manakala NGC 4151 pula lengkung cahayanya dapat dilihat sangat tidak sekata dan NGC 2110 menunjukkan peningkatan kadar bilangan foton secara tiba-tiba dalam jangka masa yang singkat sahaja.

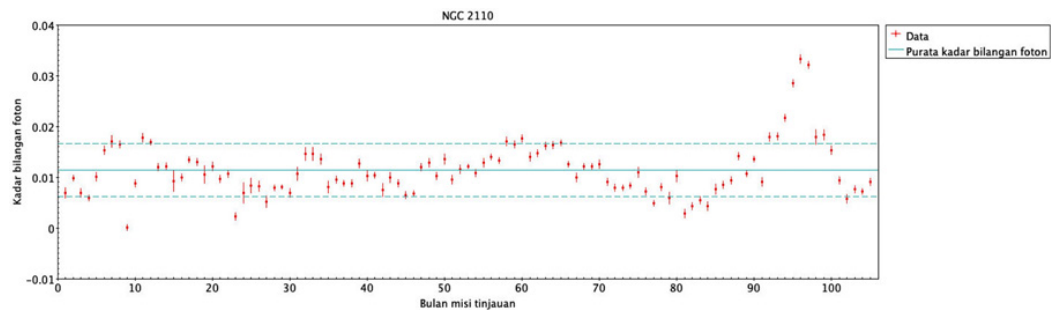
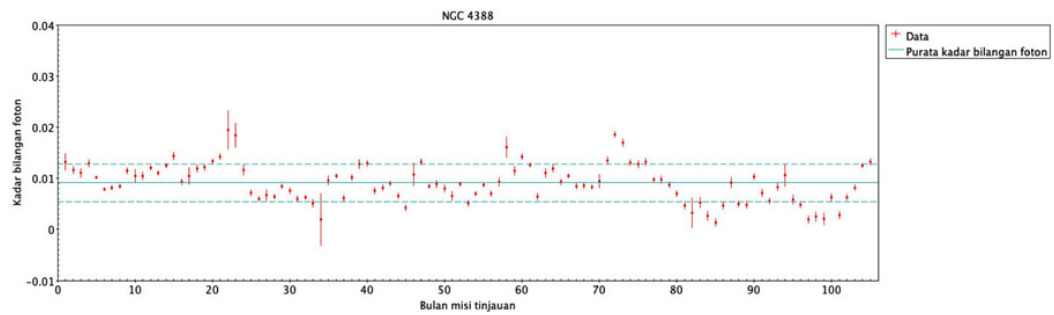
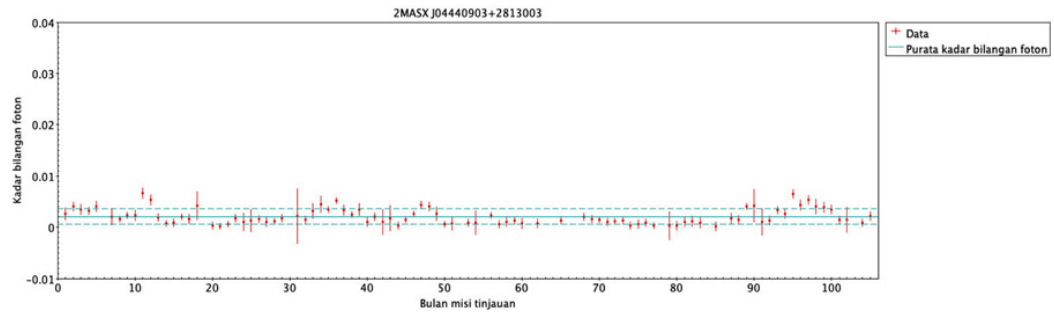
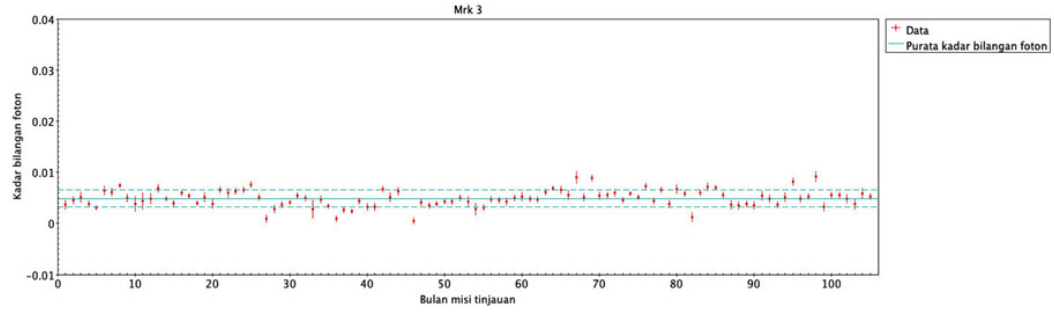
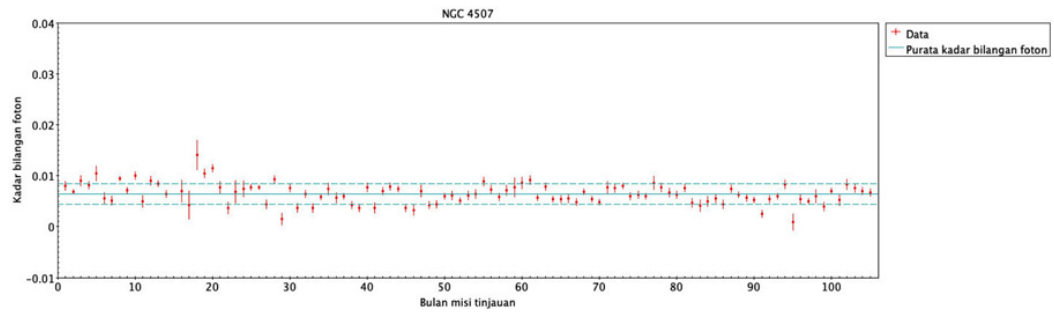
Faktor fizikal yang membawa kepada perubahan yang dilihat pada calon-calon CLAGN yang dikesan boleh dicadangkan berdasarkan graf lengkung cahaya yang diplot. Contohnya, fenomena TDE akan menghasilkan suar dan luminositi AGN yang meningkat dan menurun secara signifikan dalam tempoh masa yang sangat singkat (Oknyansky et al. 2017). Corak ini dapat dilihat dalam graf lengkung cahaya NGC 2110 dengan kadar foton yang diterima menunjukkan kebolehubahan yang jelas sekitar bulan ke-81 hingga ke-105 misi tinjauan. Maka dengan ini boleh dicadangkan bahawa faktor yang menyebabkan berlakunya kebolehubahan dalam penerimaan kadar foton

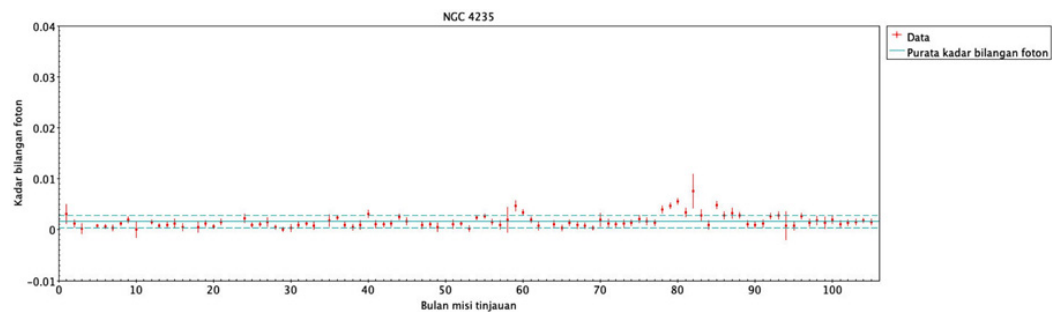
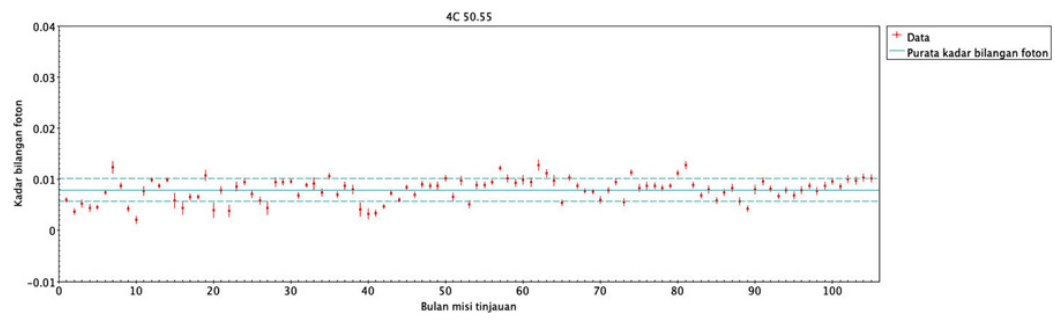
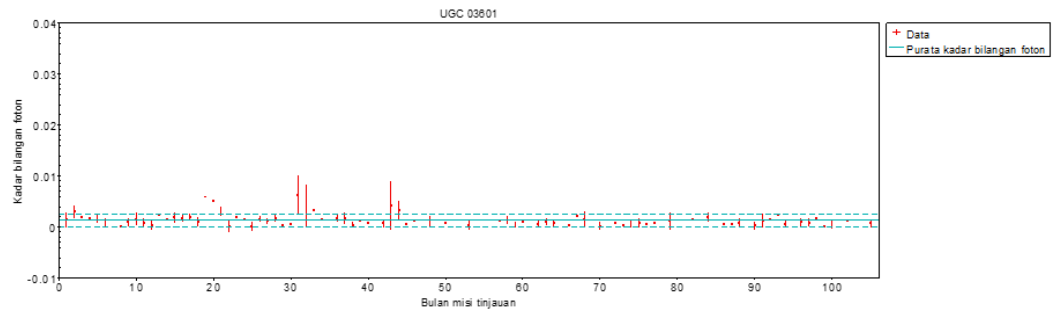
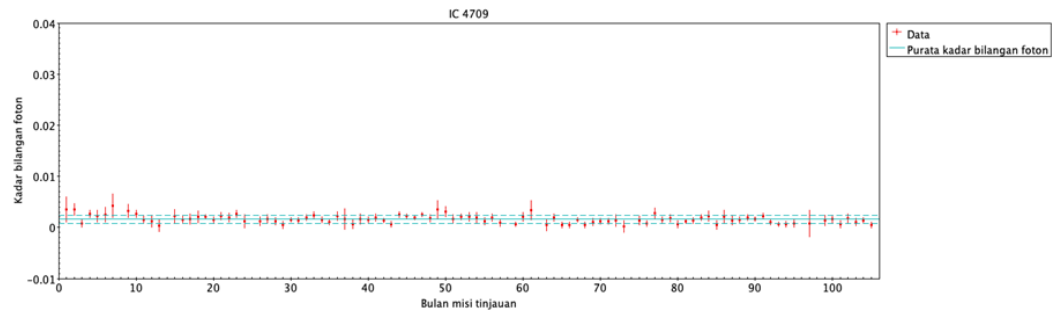
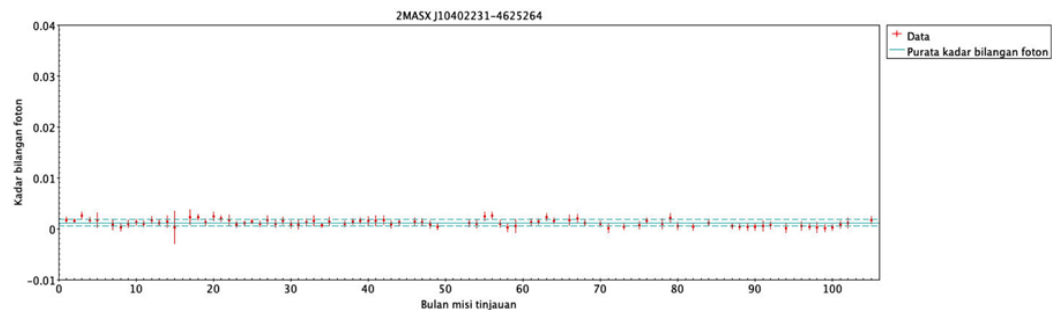


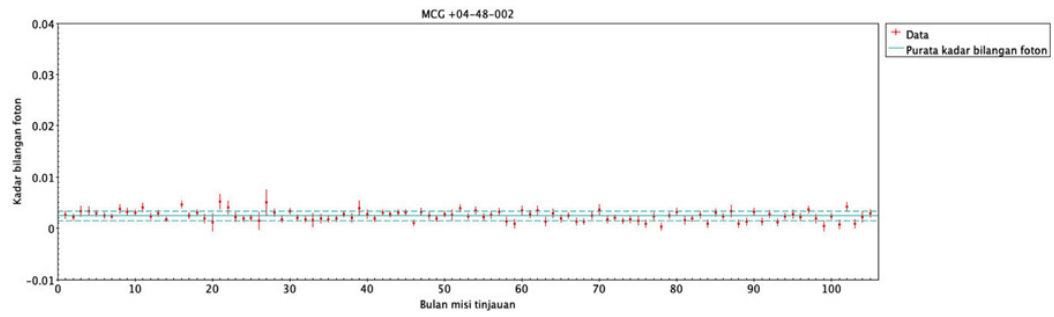
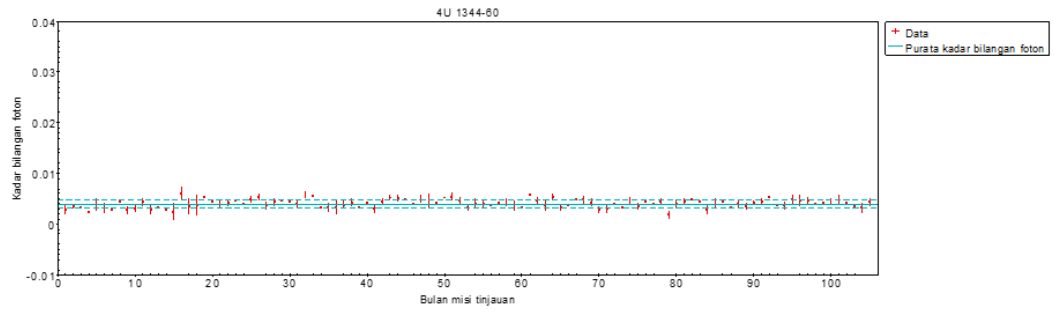
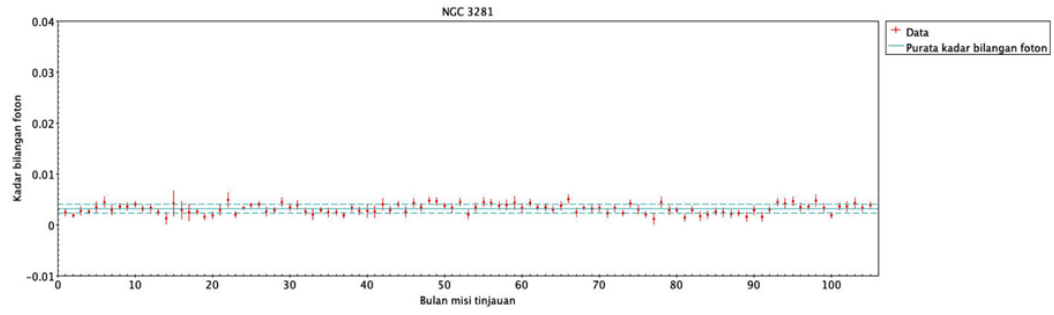
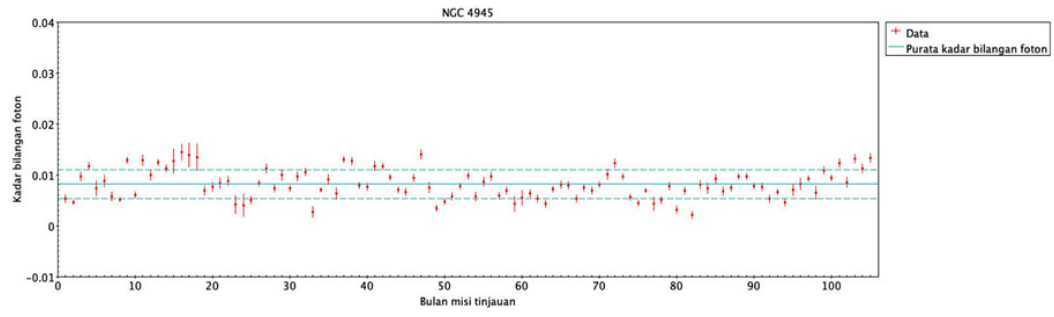
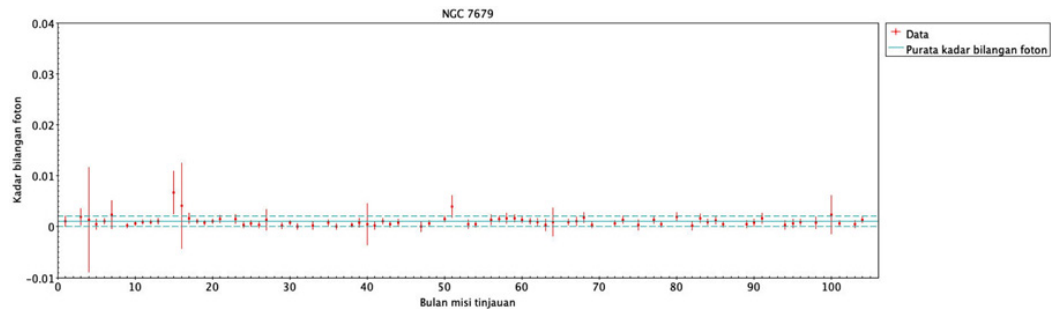
RAJAH 1. Graf lengkung cahaya Swift-BAT bagi AGN nilai-p yang tidak signifikan



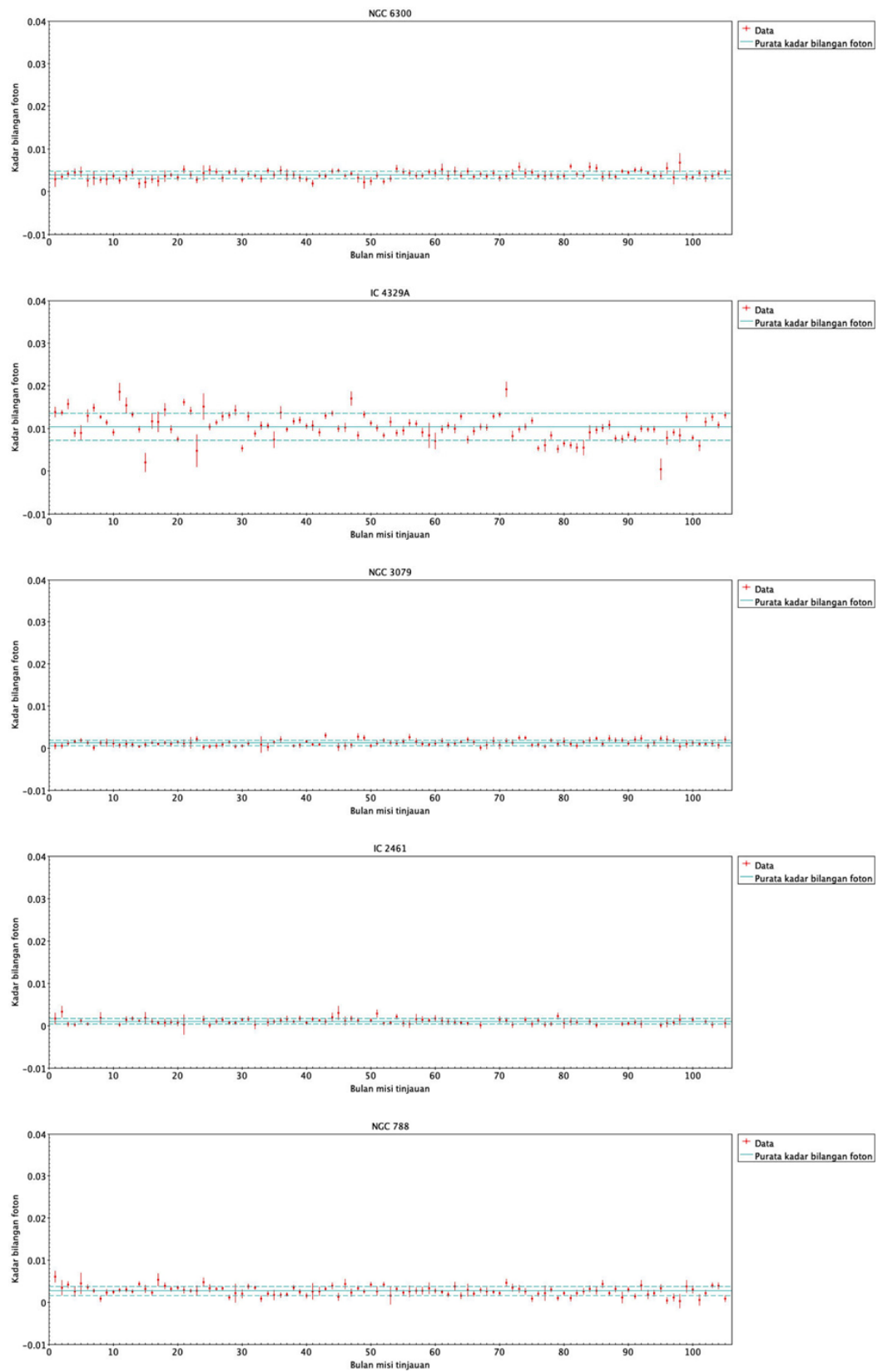












RAJAH 2. Graf lengkung cahaya Swift-BAT bagi calon-calon CLAGN yang dikenal pasti

daripada NGC 2110 adalah disebabkan oleh TDE sebuah bintang.

Antara faktor lain yang boleh menyebabkan perubahan kepada kadar foton yang diterima daripada sesebuah AGN adalah perubahan pada kadar penokokan bahan dan juga struktur *torus* yang mempunyai taburan yang tidak sekata. Bagi dua faktor ini, lengkung cahaya AGN akan menunjukkan corak perubahan yang kurang signifikan berbanding TDE. Jika kadar penokokan meningkat, maka kadar foton yang diterima juga akan meningkat dan sebaliknya. Bagi faktor struktur *torus* pula, kepulan awan *torus* dengan ketebalan berbeza yang bergerak mengelilingi AGN akan menyebabkan perubahan pada kadar foton yang diterima.

Salah satu cara untuk membezakan kedua-dua faktor ini adalah dengan melihat kepada perubahan spektra optik atau sinar-X AGN tersebut. Jika AGN menunjukkan perubahan spektra pada panjang gelombang tersebut, contohnya berubah daripada Seyfert 1 kepada Seyfert 2 atau *Compton-thick* kepada *Compton-thin* dan sebaliknya, maka boleh dicadangkan bahawa faktor yang menyebabkan perubahan yang dilihat adalah struktur *torus* yang tidak sekata. Berdasarkan kajian lepas, tiga calon-calon CLAGN yang dikenal pasti telah menunjukkan perubahan pada spektra optik atau sinar-X. Calon CLAGN tersebut adalah NGC 2617 (Shappee et al. 2014, 2013), NGC 4151 (Penston & Perez 1984; Shapovalova et al. 2010) dan NGC 6300 (Matt et al. 2003). Oleh itu, dapat dicadangkan bahawa taburan *torus* bagi tiga AGN ini adalah tidak sekata. Hal ini bertentangan dengan apa yang dicadangkan oleh model satuan AGN.

Namun begitu, kajian lanjut perlu dijalankan dengan data fotometri dan spektroskopi daripada panjang gelombang yang berbeza, seperti optik dan inframerah, bagi mengesahkan faktor yang dicadangkan bagi objek ini. Ini juga perlu dilakukan bagi calon-calon CLAGN yang lain kerana faktor fizikal yang menyebabkan perubahan yang dilihat tidak dapat dicadangkan berdasarkan lengkung cahaya sinar-X sahaja.

#### KESIMPULAN DAN KAJIAN LANJUT

Kertas ini mengkaji 174 AGN dalam katalog Swift-BAT ke-105 bulan yang terletak pada  $z \leq 0.0200$ . Berdasarkan lengkung cahaya sinar-X AGN yang dikaji, 27 objek ( $15.51 \pm 0.03$ ) % didapati menunjukkan kebolehubahan penerimaan kadar foton yang signifikan menerusi ujian statistik, ANOVA. Objek ini dikenal pasti sebagai calon-calon CL AGN. Jumlah ini melebihi jumlah CL AGN yang ditemui oleh Yang et al. (2018) pada langit utara iaitu sebanyak 21 CL AGN daripada katalog SDSS. Kami mengkaji faktor yang membawa kepada perubahan yang dilihat dalam calon-calon CL AGN ini berdasarkan lengkung cahayanya dan kajian lepas. Kami mendapati bagi satu calon, perubahan fluks yang dilihat berkemungkinan besar disebabkan oleh TDE. Manakala bagi tiga calon CL AGN pula, dapat dicadangkan AGN tersebut mempunyai

struktur *torus* yang tidak sekata (bertompok-tompok). Namun begitu, kajian lanjut perlu dijalankan dengan pelbagai data daripada panjang gelombang yang berbeza. Selain itu, permodelan spektra sinar-X perlu dilakukan supaya kajian yang lebih terperinci dapat dijalankan. Ini juga perlu dilakukan bagi calon-calon CL AGN lain yang faktornya tidak dapat dicadangkan. Ini adalah objektif bagi kajian lanjut kami.

#### PENGHARGAAN

Kami ingin merakamkan penghargaan kepada Prof. Madya Dr. Liong Choong Yeun atas bantuan dan perbincangan bermanfaat mengenai ujian ANOVA. Kajian ini telah dibiaya oleh Geran Galakan Penyelidik Muda (GGPM), Universiti Kebangsaan Malaysia (nombor geran: GGPM-2018-001).

#### RUJUKAN

- Antonucci, R. 1993. Unified models for active galactic nuclei and quasars. *Annu. Rev. Astron. Astrophys.* 31: 473-521.
- Baumgartner, W.H., Tueller, J., Markwardt, C.B., Skinner, G.K., Barthelmy, S., Mushotzky, R.F., Evans, P.A. & Gehrels, N. 2013. The 70 month swift-BAT all-sky hard X-Ray survey. *The Astrophysical Journal Supplement Series* 207: 19.
- Cohen, R.D., Rudy, R.J., Puetter, J.E., Ake, T.B. & Foltz, C.B. 1986. Variability of Markarian 1018: Seyfert 1.9 to Seyfert 1. *The Astrophysical Journal* 311 : 135-141.
- Denney, K.D., De Rosa, G., Croxall, K., Gupta, A., Bentz, M.C., Fausnaugh, M.M., Grier, C.J., Martini, P., Mathur, S., Peterson, B.M., Pogge, R.W. & Shappee, B.J. 2014. The typecasting of active galactic nuclei: Mrk 590 no longer fits the role. *The Astrophysical Journal* 796: 134.
- Edelson, R., Turner, T.J., Pounds, K., Vaughan, S., Markowitz, A., Marshall, H., Dobbie, P. & Warwick, R. 2002. X-Ray spectral variability and rapid variability of the soft X-Ray Spectrum Seyfert 1 Galaxies Arakelian 564 and Ton S180. *The Astrophysical Journal* 568: 610-626.
- Eracleous, M. & Halpern, J.P. 2001. NGC 3065: A certified liner with broad, variable Balmer lines. *The Astrophysical Journal* 554: 240-244.
- Eracleous, M., Livio, M., Halpern, J.P. & Storchi-Bergmann, T. 1995. Elliptical accretion disks in active galactic nuclei. *The Astrophysical Journal* 438: 610-622.
- Lamassa, S.M., Cales, S., Moran, E.C., Myers, A.D., Richards, G.T., Eracleous, M., Heckman, T.M., Gallo, L. & Urry, C.M. 2015. The discovery of the first 'Changing Look' Quasar: New insights into the physics and phenomenology of active galactic nuclei. *The Astrophysical Journal* 800(2): 144.
- Man, J., Liao, Q., Zeng, L. & Wu, L. 2017. Advances in water resources ANOVA-based transformed probabilistic collocation method for Bayesian data-worth analysis. *Advances in Water Resources* 110: 203-214.
- Matt, G., Guainazzi, M. & Maiolino, R. 2003. Changing-look: From Compton-thick to Compton-thin, or the rebirth of fossil active galactic nuclei. *Mon. Not. R. Astron. Soc.* 342: 422-426.
- Merloni, A., Dwelly, T., Salvato, M., Georgakakis, A., Greiner, J., Krumpe, M., Nandra, K., Ponti, G. & Rau, A. 2015. A

- tidal disruption flare in a massive galaxy? Implications for the fueling mechanisms of nuclear black holes. *MNRAS* 452: 69-87.
- Nandra, K., George, I.M., Mushotzky, R.F., Turner, T.J. & Yaqoob, T. 1997. ASCA observations of Seyfert 1 galaxies. I. Data analysis, imaging, and timing. *The Astrophysical Journal* 476: 70-82.
- Nenkova, M., Elitzur, M., Sirocky, M.M. & Nikutta, R. 2008. AGN Dusty Tori. II. Observational implications of clumpiness. *The Astrophysical Journal* 685: 160-180.
- Oh, K., Koss, M., Markwardt, C.B., Schawinski, K., Baumgartner, W.H., Barthelmy, S.D., Cenko, S.B., Gehrels, N., Mushotzky, R., Petulante, A., Ricci, C., Lien, A. & Trakhtenbrot, B. 2018. The 105-month swift-BAT all-sky hard X-Ray survey. *The Astrophysical Journal Supplement Series* 235(1): 4.
- Oknyansky, V.L., Gaskell, C.M., Huseynov, N.A., Lipunov, V.M. & Shatsky, N.I. 2017. The curtain remains open: NGC 2617 continues in a high state. *MNRAS* 467: 1496-1504.
- Penston, M.V. & Perez, E. 1984. An evolutionary link between Seyfert I and II galaxies? *MNRAS* 211: 33P.
- Peterson, B.M. 2001. Variability of active galactic nuclei. *Advanced Lectures on the Starburst-AGN Connection*. pp. 3-68.
- Ricci, C., Bauer, F.E., Arevalo, P., Boggs, S., Brandt, W.N., Christensen, F.E., Craig, W.W., Hailey, C.J., Harrison, F.A., Koss, M., Markwardt, C.B., Stern, D. & Treister, E. 2016. IC 751: A new changing-look AGN discovered by *Nustar* 3227. *The Astrophysical Journal* 820: 5.
- Shapovalova, A.I., Burenkov, A.N., Chavushyan, V.H., Kollatschny, W., Bochkarev, N.G., Carrasco, L., Mercado, A., Valdes, J.R. & Vlasuyk, V.V. 2010. Spectral optical monitoring of 3C 390.3 in 1995-2007. *A&A* 517: A42.
- Shappee, B.J., Prieto, J.L., Grupe, D., Kochanek, C.S., Stanek, K.Z., Rosa, G.D., Mathur, S. & Zu, Y. 2014. The man behind the curtain: X-Rays drive the UV through NIR variability in the 2013 active galactic nucleus outburst in NGC 261. *The Astrophysical Journal* 788: 48.
- Soldi, S., Beckmann, V., Baumgartner, W.H., Ponti, G., Shrader, C.R., Lubinski, P., Krimm, H.A., Mattana, F. & Tueller, J. 2013. Long-term variability of AGN at hard X-Rays. *Astronomy & Astrophysics* 563: 57.
- Stern, D., Mckernan, B., Graham, M.J., Ford, K.E.S., Ross, N.P., Meisner, A.M., Assef, R.J., Balokovic', M., Brightman, M., Dey, A., Drake, A., Djorgovski, S.G., Eisenhardt, P. & Jun, H.D. 2018. A Mid-IR selected changing-look quasar and physical scenarios for abrupt AGN fading. *The Astrophysical Journal* 86(4): 27.
- Storchi-Bergmann, T., Baldwin, J.A. & Wilson, A.S. 1993. Double-peaked broad line emission from the LINER nucleus of NGC 1097. *The Astrophysical Journal* 410: L11-L14.
- Tohline, J.E. & Osterbrock, D.E. 1976. Variation of the spectrum of the Seyfert Galaxy NGC 7603. *The Astrophysical Journal* 210: L117-L120.
- Vaughan, S., Edelson, R., Warwick, R.S. & Uttley, P. 2003. On characterising the variability properties of X-Ray light curves from active galaxies. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* 345: 1271.
- Yang, Q., Wu, X., Fan, X., Jiang, L., Mcgreer, I., Shangguan, J. & Yao, S. 2018. Discovery of 21 new changing-look AGNs in Northern sky. *The Astrophysical Journal* 862: 109.

School of Applied Physics  
Faculty of Science and Technology  
Universiti Kebangsaan Malaysia  
43600 UKM Bangi, Selangor Darul Ehsan  
Malaysia

\*Corresponding author; email: adlyka@ukm.edu.my

Received: 1 August 2019

Accepted: 8 October 2019