

## Peran Interaksi Galaksi dalam Pembentukan Galaksi E+A

K. Anggivirgo<sup>1</sup> dan P. W. Premadi<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Astronomi, FMIPA - ITB, Bandung, Indonesia

\*E-mail: premadi@as.itb.ac.id

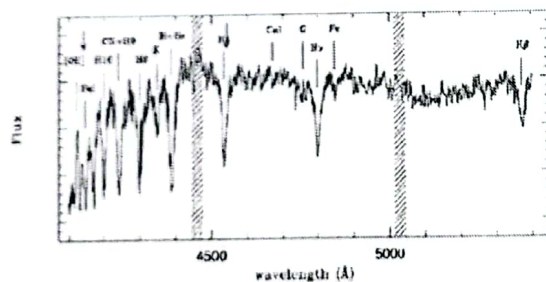
### ABSTRAK

Pemeriksaan terhadap properti khas galaksi E+A ( $EW H\delta$ ) dan hubungannya dengan beberapa parameter interaksi (SFR, *lopsidedness* pada *isophotes*, dan gaya pasang surut interaksi (*tidal force*)) memungkinkan kita mempelajari kemungkinan peran interaksi pada karakter galaksi E+A. Pekerjaan ini memeriksa korelasi indikator interaksi galaksi-galaksi dengan beberapa properti intrinsik galaksi E+A, dan membandingkannya dengan properti galaksi elips normal. Diperiksa pula hubungan antara  $EW H\delta$  galaksi E+A dengan properti galaksi pasangan, pada kasus galaksi E+A yang ditemukan berpasangan. Kesimpulan sementara yang diperoleh adalah bahwa properti khas galaksi E+A ( $EW H\delta$ ) berkorelasi positif dengan beberapa parameter interaksi galaksi (SFR, *lopsidedness*, dan *tidal force*), meskipun belum tajam secara statistik. Pemeriksaan terhadap properti galaksi pasangan memberikan hasil yang serupa, yaitu bahwa galaksi pasangan mempengaruhi karakteristik galaksi E+A yang terbentuk. Juga ditunjukkan bahwa beberapa parameter interaksi (SFR, *lopsidedness*, dan warna) pada galaksi-galaksi E+A lebih tinggi dibandingkan pada galaksi elips normal.

**Kata Kunci:** Galaksi: morfologi, spektrum, warna - Interaksi galaksi

### 1 PENDAHULUAN

Galaksi E+A adalah galaksi dengan morfologi elips, namun pada spektrumnya (Gambar 1) terdapat garis absorpsi Balmer  $H\delta$  kuat (ciri bintang kelas A) yang tidak lazim ditemui pada galaksi elips yang bintang-bintang penyusunnya telah memasuki tahap evolusi lanjut. Namun sangat lemahnya garis emisi [OII] menunjukkan tidak adanya bintang kelas O dan B yang berarti pembentukan bintang tidak berlanjut sejak kurang dari semilyard tahun lalu (misalnya Dressler et al. 2004).



**Gambar 1.** Spektrum khas galaksi E+A.

Salah satu interpretasi adalah bahwa galaksi E+A merupakan galaksi post-starburst: galaksi yang mengalami penambahan laju pembentukan bintang dalam tempo singkat dan atau yang pembentukan bintangnya terhenti secara tiba-tiba. Pertanyaannya adalah bagaimana evolusi galaksi elips normal berbeda dari galaksi E+A?

Ada beberapa skenario yang diusulkan untuk menjelaskan pembentukan galaksi E+A, seperti interaksi galaksi-medium antar galaksi (misal Poggianti et al. 2008), dan interaksi galaksi-galaksi (antara lain Yang et al. 2008). Semua usulan tersebut menunjukkan bahwa pembentukan galaksi E+A boleh jadi bergantung pada lingkungan terdekatnya. Pekerjaan riset ini mengidentifikasi indikasi interaksi pada galaksi-galaksi E+A dan kemudian memeriksa korelasinya dengan karakter ke-E+A-annya.

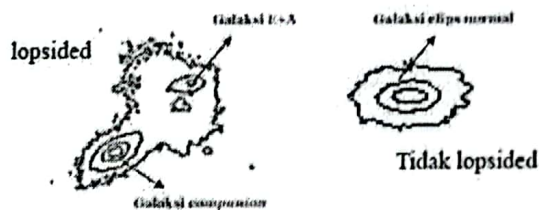
### 2 DATA

Kami memanfaatkan galaksi-galaksi E+A dari SDSS Data Release 7 (Abazajian et al. 2009) dengan  $S/N > 3$  yang telah diperiksa oleh Goto (2007) dan Yamauchi et al. (2008) dengan kriteria galaksi E+A yang ketat, yakni pada lebar ekuivalen (Equivalent Width = EW):  $EW H\delta > 5\text{\AA}$ ,  $EW H\alpha > -3\text{\AA}$ , dan  $EW [OII] < -2\text{\AA}$ . Keketatan ini untuk memastikan bahwa sampel yang diperoleh merupakan galaksi post-starburst, bukan yang SFRnya turun sedikit lebih cepat daripada normal ataupun yang garis emisi tak muncul karena banyaknya debu di sekitar bintang baru (Balogh et al. 2005). Seleksi ini menghasilkan 660 galaksi E+A. Sebagai sampel pembanding, kami gunakan 11267 galaksi elips normal dalam rentang pergeseran merah yang sama, yakni  $0.01 < z < 0.34$ . Data Yamauchi et al. (2009) berupa sampel galaksi E+A yang diketahui memiliki pasangan.

Selain itu kami juga memanfaatkan data Laju Pembentukan Bintang (Star Formation Rate) dari Brinchmann et al. (2004) sebagai indikator sekunder adanya interaksi galaksi-galaksi.

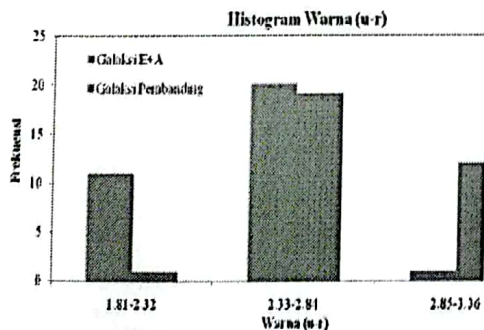
**3 METODE KERJA**

Pencapaian tujuan riset ini diupayakan dengan melaksanakan serangkaian pemeriksaan sebagai berikut: (1) kecenderungan perbedaan harga parameter intrinsik (warna *u-r*) galaksi E+A dari galaksi pembanding (galaksi elips normal); (2) indikasi interaksi: (2a) isophotes galaksi dan *lopsidedness* galaksi E+A, (2b) besar gaya pasang surut interaksi jika ditemui galaksi pasangan, dan (2c) Keaktifan/Laju pembentukan bintang (SFR = Star Formation Rate); (3) korelasi antara karakter E+A dengan parameter intrinsik galaksi, dan dengan karakter galaksi pasangan. Kami menyadari bahwa penghitungan *lopsidedness* ini sulit jika galaksi tidak berada pada posisi face-on terhadap arah pandang (Gambar 2).



Gambar 2.

Pemeriksaan ada tidaknya galaksi pasangan pada tiap galaksi E+A dalam sample Goto dengan menerapkan kriteria galaksi pasangan: berada pada jarak maksimal 50 kpc dari galaksi galaksi target, dan dengan selisih kecepatan radial kurang dari 600 km/s. Diperoleh E+A: galaksi berpasangan 97 dari total 660; galaksi elips normal berpasangan: 791 dari total 11267.



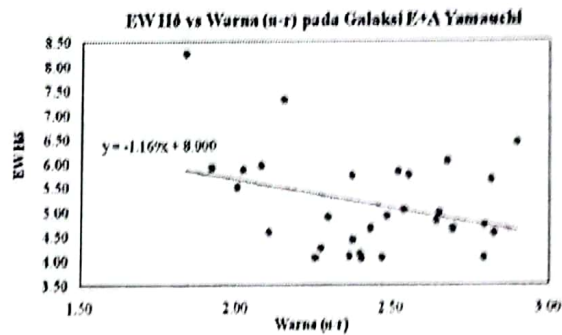
Gambar 3. Distribusi galaksi elips dalam (*u-r*).

Gambar 3' menunjukkan galaksi E+A mendominasi warna yang lebih biru daripada galaksi pembanding yang berupa galaksi elips normal, yang berarti melimpahnya bintang yang lebih muda daripada kelas K pada galaksi E+A.

**4 HASIL**

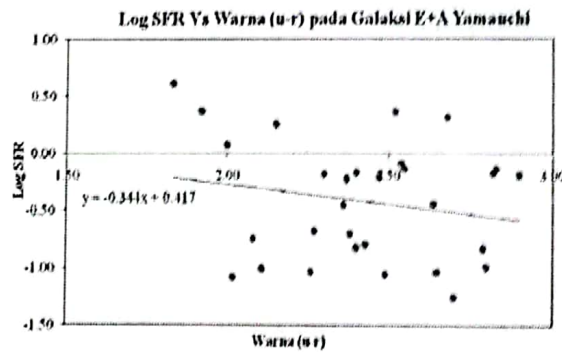
Karena jumlah data yang sedikit, pemeriksaan korelasi hanya dilakukan dengan pendekatan linier yang kami sadari terlalu simplistik. Indikasi kecenderungan sudah dinilai cukup untuk tujuan pekerjaan ini; analisa statistik yang canggih baru akan memberi nilai jika kualitas dan kuantitas data memadai.

**4 a. Korelasi antara karakter E+A dengan parameter intrinsik galaksi**

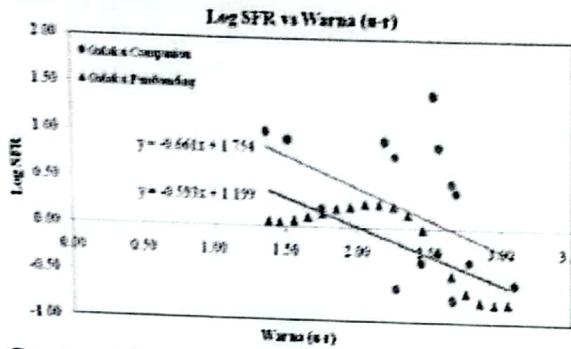


Gambar 4a.

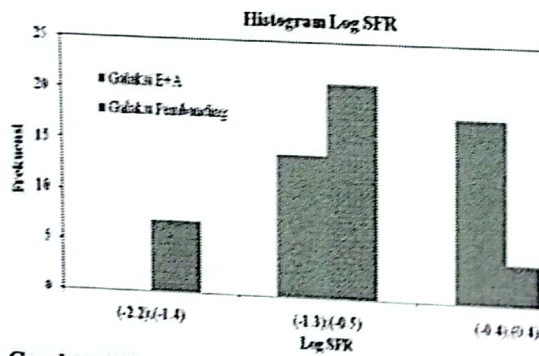
**4 b. Korelasi antara indikator interaksi galaksi dengan parameter intrinsik galaksi**



Gambar 4b1.

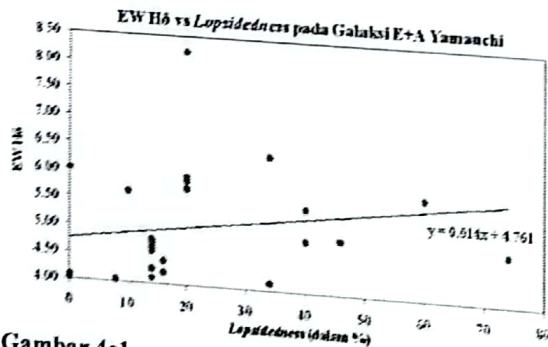


Gambar 4b2.

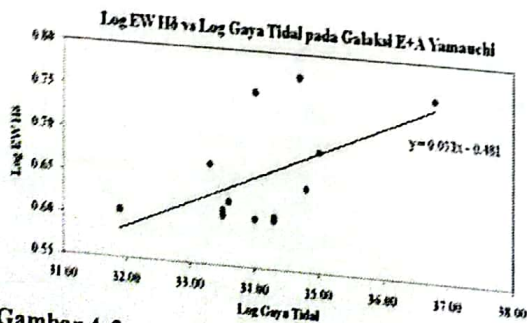


Gambar 4b3.

4 c. Korelasi antara indikator interaksi galaksi dengan karakter galaksi E+A

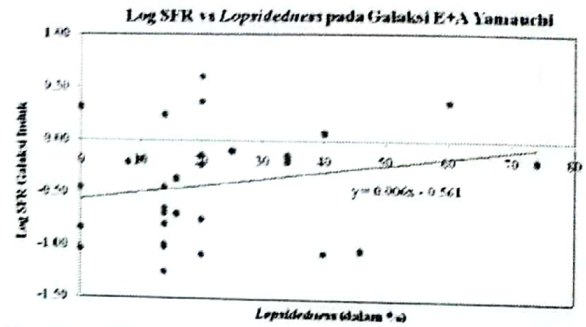


Gambar 4c1.



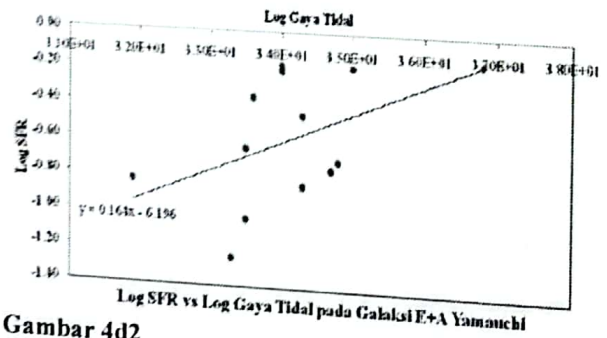
Gambar 4c2.

4 d. Autokorelasi antara indikator-indikator interaksi galaksi-galaksi



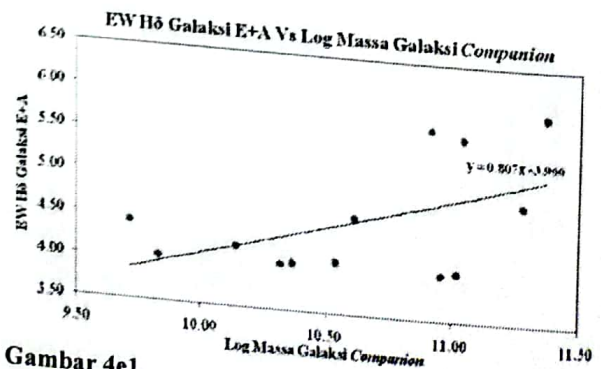
Gambar 4d1.

Pemeriksaan autokorelasi antara berbagai indikator interaksi galaksi-galaksi dilakukan lebih untuk memeriksa metode yang digunakan daripada untuk pemeriksaan galaksi E+A. Autokorelasi yang positif mengkonfirmasi penggunaan lopsidedness, gaya pasang surut, dan SFR sebagai indikator interaksi galaksi-galaksi.

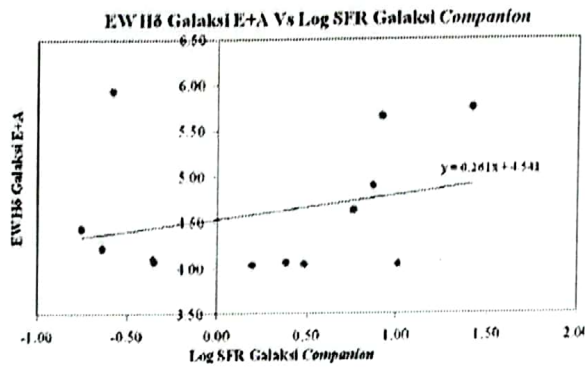


Gambar 4d2.

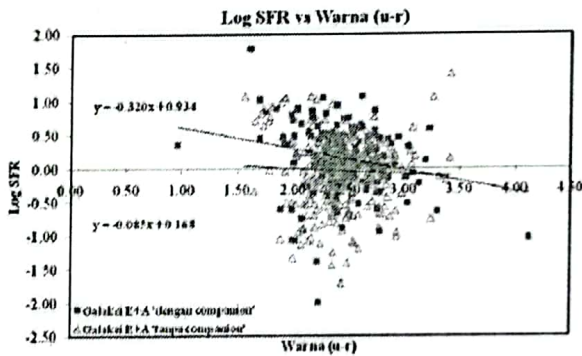
4 e. Korelasi antara karakter galaksi E+A dengan parameter intrinsik galaksi pasangan



Gambar 4e1.



Gambar 4e2.



Gambar 4e3.

Tampak bahwa massa dan SFR galaksi pasangan berkorelasi positif dengan EW H<sub>δ</sub> galaksi E+A, dan galaksi pasangan yang lebih biru berpasangan dengan galaksi E+A dengan SFR yang lebih tinggi.

5 RANGKUMAN

Ditelaah dua kelompok galaksi E+A: (1) yang dipastikan memiliki pasangan, dan (2) yang tidak menunjukkan adanya pasangan pada citra.

Galaksi E+A rata-rata berwarna lebih biru dan menunjukkan laju pembentukan bintang yang lebih

tinggi daripada galaksi elips normal dan pada masa sekarang masih terdapat banyak bintang yang lebih muda daripada kelas K.

Galaksi E+A yang memiliki pasangan menunjukkan karakter E+A yang lebih menonjol (lebar ekivalen H<sub>δ</sub>), lebih biru, dan dengan laju pembentukan bintang yang lebih tinggi. Untuk warna u-r yang sama, galaksi E+A yang berpasangan menunjukkan laju pembentukan bintang yang lebih tinggi daripada galaksi E+A yang sendirian.

Indikator morfologis interaksi (lopsidedness pada isophotes) dan indikator dinamik interaksi (gaya pasang surut) berkorelasi positif dengan laju pembentukan bintang yang merupakan proses fisis yang sangat didorong oleh interaksi antar galaksi.

Korelasi positif antara fisis galaksi pasangan (massa dan laju pembentukan bintang) dengan laju pembentukan bintang dan lebar ekivalen H<sub>δ</sub> pada galaksi E+A, juga mendukung adanya peran interaksi galaksi pada pembentukan galaksi E+A. Namun demikian perlu diingat bahwa interaksi minor mungkin tak terdeteksi oleh indikator lopsidedness maupun ketiadaan pasangan yang tampak, seperti antara galaksi besar dengan satelitnya. Artinya galaksi E+A yang tidak nampak berpasangan belum tentu sungguh tidak berpasangan atau pernah berinteraksi dengan galaksi lain dalam waktu kurang dari 1 milyar tahun sebelum saat pengamatan.

6 PUSTAKA

Abazajian, K. et al., 2009, *Astrophys. Journal Suppl.*, 182, 543-558  
 Balogh, M. et al., 2005, *MNRAS*, 360, 587-609  
 Brinchmann, J. et al., 2004, *MNRAS*, 351, 1151-1179  
 Dressler, A. et al., 2004, *Astrophys. J.*, 617, 867-878  
 Goto, T., 2007, *MNRAS*, 381, 187-193  
 Poggianti, B. et al., 2009, *Astrophys. J.*, 693, 112-131  
 Yamauchi, C. et al., 2008, *MNRAS*, 390, 383-398  
 Yang, Y. et al., 2008, *Astrophys. J.*, 688, 945-971