



## DELINIASI ZONA UPFLOW/OUTFLOW PANAS BUMI DAERAH CIBEBER, BANTEN MENGGUNAKAN ANALISIS DENSITAS KELURUSAN DAN GEOINDIKATOR

Hasbi Fikru Syabi<sup>1\*</sup>, Agus Didit Haryanto<sup>1</sup>, Boy Yoseph CSSSA<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>Fakultas Teknik Geologi, Universitas Padjadjaran

\*Korespondensi: hasbifikru@gmail.com

### ABSTRAK

Indonesia memiliki potensi panas bumi terbesar di dunia yaitu sekitar 40%, salah satunya adalah panas bumi daerah Cibeber. Pada suatu sistem panas bumi terdapat zona upflow dan outflow. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui zona upflow dan outflow sistem panas bumi Cibeber. Metode yang digunakan yaitu pembuatan peta densitas kelurusan, serta perbandingan beberapa unsur geoindicator yaitu Na/K, Na/Ca, Na/Li, B/Li. Pada daerah penelitian didapat 346 kelurusan punggung dan lembahan dengan trend dominan baratlaut-tenggara dan timurlaut-baratdaya, memiliki nilai densitas terkecil 270 m/km<sup>2</sup> dan tertinggi 5914 m/km<sup>2</sup>, mean 3128 m/km<sup>2</sup>, standar deviasi 1165, dan nilai threshold 4293 m/km<sup>2</sup>. Terdapat 6 daerah yang memiliki nilai densitas tinggi. Nilai geoindicator pada sampel manifestasi AP1 dan AP3 menunjukkan zona outflow, dimana memiliki nilai Na/K yang tinggi (>15), nilai Na/Ca yang rendah (<15), nilai Na/Li yang tinggi (>1000), dan nilai B/Li yang rendah (<100). Zona upflow berada di baratdaya dari G.Hanjawar, dimana fluida panas bumi mengalir ke arah baratdaya dari G.Hanjawar, kemudian masuk ke zona upflownya lalu mengalir lateral ke selatan ke zona outflow dimana ditemukannya manifestasi panas bumi.

**Keywords:** Cibeber; Densitas Kelurusan; Outflow; Panas Bumi; Upflow

### ABSTRACT

Indonesia has the largest geothermal potential in the world which is about 40%, one of them is Cibeber geothermal area. In a geothermal system there are upflow and outflow zones. The aim of this study is to know the upflow and outflow zone of Cibeber geothermal system. The method used is making the fault and fracture density map, and the comparison of some geoindicator elements that is Na/K, Na/Ca, Na/Li, B/Li. In the study area there are 346 ridge and valley with dominant trend NW-SE and NE-SW, value of smallest density is 270 m/km<sup>2</sup> and the highest is 5914 m/km<sup>2</sup>, mean 3128 m/km<sup>2</sup>, standard deviation 1165, and threshold value 4293 m/km<sup>2</sup>. There are 6 area that has high density value. The geoindicator values in the AP1 and AP3 manifestation show the outflow zone, which has a high Na/K value (> 15), low Na/Ca (<15), high Na/Li (> 1000), and B/Li low (<100). The upflow zone is in the southwest of G.Hanjawar, where geothermal fluid flows to southwest from G. Hanjawar, then enters the upflow zone and then flows laterally to south to the outflow zone where the geothermal manifestation is discovered.

**Keywords:** Cibeber; Fault and Fracture Density; Geothermal; Outflow; Upflow

### 1. PENDAHULUAN

Panas bumi merupakan energi yang memanfaatkan panas dalam kerak bumi untuk dimanfaatkan, dimana energi ini terbarukan dan ramah lingkungan. Potensi panas bumi di Indonesia merupakan yang terbesar di dunia yaitu sekitar 40% (Nasruddin dkk., 2016).

Salah satu potensi panas bumi di Indonesia adalah panas bumi daerah Cibeber. Secara administratif daerah penelitian berada di daerah Sukamulya dan sekitarnya, Kecamatan Cibeber, Kabupaten Lebak, Provinsi Banten (Gambar 1). Letak geografis daerah penelitian yaitu 6° 46' 47.2" – 6° 52'

31.32" LS dan 106° 14' 57.24" – 106° 20' 40.96" BT.

Penelitian panas bumi terdahulu di daerah penelitian dilakukan oleh Tim Survey Terpadu PSDG pada tahun 2011. Pada penelitian yang dilakukan oleh PSDG tahun 2011 didapat bahwa sumber panas bumi daerah Cibeber berasal dari intrusi diorite G.Hanjawar yang berumur 1,2 juta tahun. Memiliki reservoir dangkal >500m, dan batuan penudung berupa batuan vulkanik yang tersifikasi kuat (Tim Survei Terpadu PSDG, 2011).

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui zona Upflow dan outflow dari sistem panas bumi daerah Cibeber menggunakan analisis densitas kelurusan dan geoinicator.



Gambar 1. Lokasi daerah penelitian.

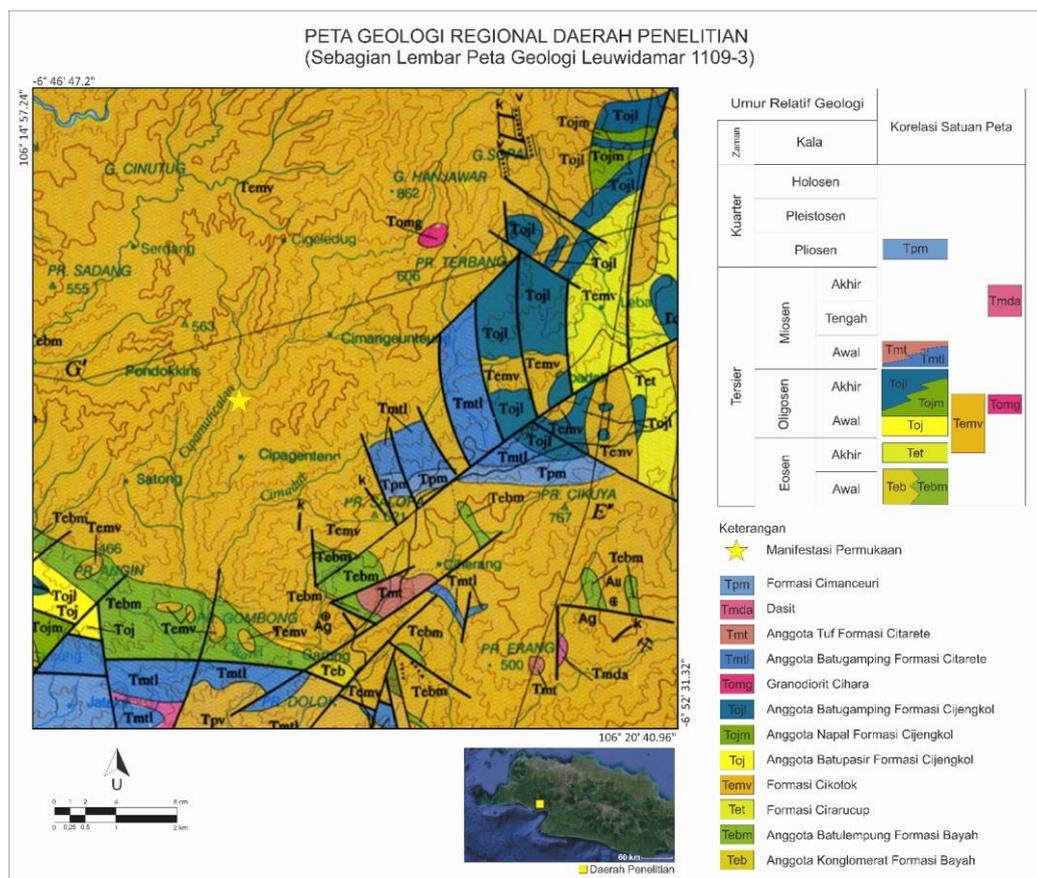
## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Geologi Regional

Berdasarkan peta fisiografi Jawa bagian Barat (Van Bemmelen, 1949) daerah penelitian berada di bagian tenggara zona Pegunungan Bayah (Kubah Bayah).

Stratigrafi regional di daerah penelitian berdasarkan peta geologi lembar Leuwidamar 1109-3 (Sujatmiko & Santosa, 1992), disusun dari formasi yang paling muda ke tua berturut-turut sebagai berikut :

- Formasi Cimanceuri (Tpm), terdiri dari konglomerat, batupasir gampingan, tuf dasit, breksi dan batugamping.
- Dasit (Tmda), terdiri dari dasit, liparit dan bostonit porfir.
- Anggota Tuf Formasi Citarete (Tmt), terdiri dari breksi, tuf gampingan, batupasir, konglomerat, batugamping dan tuf.
- Anggota Batugamping Formasi Citarete (Tmtl), terdiri dari batugamping, napal dan batupasir.
- Granodiorit Cihara (Tomg), terdiri dari granodiorit, granodiorit porfir, granit, dasit porfir, gabro dan aplit.
- Anggota Batugamping Formasi Cijengkol (Tojl), terdiri dari batugamping, batulempung, napal dan batupasir gampingan.
- Anggota Napal Formasi Cijengkol (Tojm) terdiri dari napal, batupasir, batulempung dan batubara.
- Anggota Batupasir Formasi Cijengkol (Toj), terdiri dari batupasir, konglomerat, breksi, tuf dan batubara.
- Formasi Cikotok (Temv), terdiri dari breksi gunung api, tuf, lava, batuan terubah dan urat kuarsa.
- Formasi Cirarucup (Tet), terdiri dari konglomerat, batupasir kuarsa, batulempung, tuf dan batugamping.
- Anggota Batulempung Formasi Bayah (Tebm), terdiri dari batulempung gampingan, batulempung hitam, serpih dan batupasir.
- Anggota Konglomerat Formasi Bayah (Teb), terdiri dari konglomerat, batupasir kuarsa, batulempung, tuf dan batubara.



Gambar 2. Peta Geologi Regional Daerah Penelitian (sebagian lembar Peta Geologi Leuwidamar 1109-3 (Sujatmiko & Santosa, 1992).

## 2.2 Sistem Panas Bumi

Sumber panas bumi merupakan suatu sumber panas dari dalam perut bumi yang kemudian panas tersebut ditransfer ke permukaan bumi, sumber panas ini dapat berasal dari dapur magma, tubuh intrusi atau panas akibat dari proses pembebanan (M P Hochstein & Caldwell, 1985).

Reservoir panas bumi merupakan tempat penyimpanan fluida panas yang memiliki porositas dan permeabilitas yang baik untuk mengalirkan fluida panas tersebut (Hochstein, 1988).

Fluida panas bumi merupakan media penghantar panas/entalpi dari sumber panas ke permukaan bumi. Fluida panas bumi ini dapat berupa fluida panas (*hot water*) ataupun uap panas (*steam*) (Zuhro, 2004).

Caprock merupakan batuan penutup yang berada diatas reservoir. Batuan ini memiliki permeabilitas yang buruk dan konduktivitas panas yang kecil sehingga fluida panas dalam reservoir tetap terjaga entalpinya.

Dalam suatu sistem panas bumi terdapat zona upflow dan outflow, zona upflow merupakan zona potensi panas bumi yang memiliki permeabilitas serta gradient suhu bawah permukaan yang lebih tinggi daripada zona outflow (Syabi dkk, 2017), sementara zona outflow merupakan zona tempat terjadinya lateral flow fluida panas bumi (Nicholson, 1993).

## 3. METODE

### 3.1 Densitas Kelurusan

Analisis densitas kelurusan menggunakan data citra satelit berupa SRTM 1 Arc-Second dengan resolusi

30m. Analisis kelurusan dilakukan dengan menarik setiap garis kelurusan yang ada. Penarikan garis ini dilakukan menggunakan 4 azimuth pencahayaan, yaitu 0°, 45°, 90°, dan 135° dengan ketinggian pencahayaan 45° (Nahli dkk., 2016). Kemudian dilakukan gridding dengan jarak 1x1 km dan dihitung setiap panjang kelurusan pada setiap masing-masing gridnya yang nantinya dijadikan sebagai nilai densitas kelurusan setiap grid.

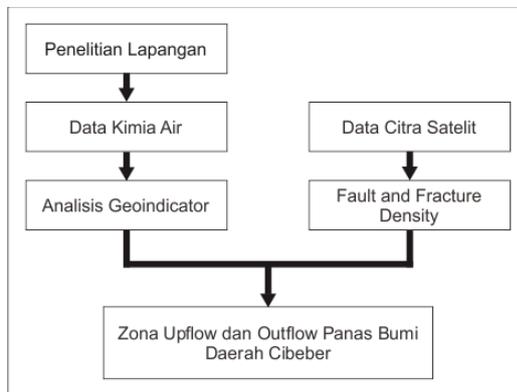
Setelah nilai densitas tersebut didapat dibuat peta densitas kelurusan (FFD) dengan metode ordinary krigging. Nilai kontur yang tinggi menandakan nilai kerapatan densitas kelurusan yang tinggi pula. Dibuat diagram rose untuk melihat dominasi arah dari setiap kelurusan dari masing-masing punggungan dan lembahan. Dilakukan interpretasi daerah anomali densitas tinggi, dimana daerah yang memiliki anomali densitas tinggi menandakan kemungkinan zona permeabel dan zona upflow suatu sistem panas bumi.

### 3.2 Geoindicator

Geoindicator merupakan suatu metode untuk menentukan zona upflow dan outflow pada sistem panas bumi serta menentukan aliran fluidanya. Dalam penentuan geoindicator terdapat 2 jenis unsur, yaitu tracer yang merupakan larutan non-reaktif seperti klorida dan boron dan geoindicator yang merupakan larutan reaktif dan mencirikan proses yang terjadi di reservoir seperti potasium dan sodium (Syabi dkk., 2017).

Pada analisis geoindicator digunakan data kimia air dari manifestasi di daerah penelitian yaitu AP1 dan AP3. Kemudian dilakukan beberapa perbandingan geoindicaotr yaitu Na/K, Na/Ca, Na/Li, B/Li. Kemudian dilakukan interpretasi hasil perbandingan, dimana jika nilai Na/K rendah (<15), nilai Na/Ca tinggi (>15), nilai Na/Li rendah (<1000), dan nilai B/Li tinggi (>100) menandakan zona Upflow sistem panas bumi (Nicholson, 1993).

Hasil analisis densitas kelurusan dan geoinicator kemudian dikorelasikan untuk mendeliniasi zona Upflow dari sistem panas bumi daerah penelitian.



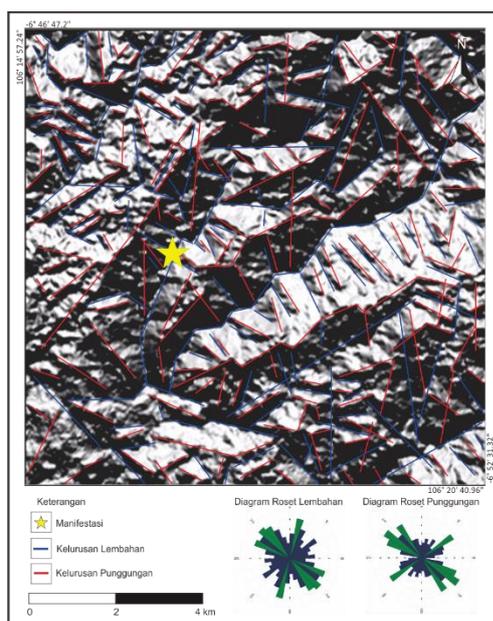
Gambar 3. Diagram alir penelitian

## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Densitas Kelurusan

Dilakukan penarikan garis lurus pada citra satelit SRTM dengan resolusi 30m, didapat 346 kelurusan punggungan dan lembahan (Gambar 4).

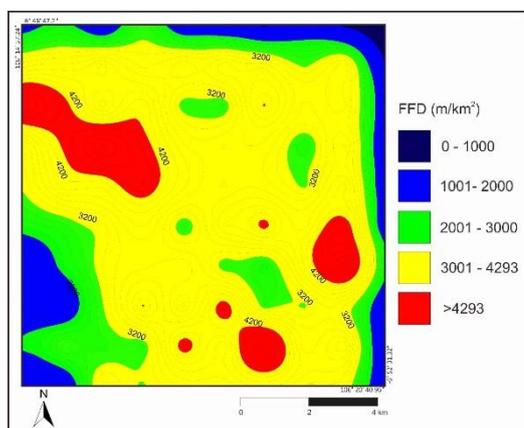
Pada diagram roset (Gambar 4) dapat dilihat kelurusan punggungan dan lembahan relatif menunjukkan trend dominan yang sama yaitu baratlaut-tenggara dan timurlaut-baratdaya, namun pada kelurusan punggungan persebaran trend kelurusan lebih merata.



Gambar 4. Hasil penarikan kelurusan citra satelit SRTM resolusi 30m.

Setelah semua data kelurusan didelineasi, dibuat grid 1x1km untuk menentukan densitas kelurusan tiap grid tersebut yang kemudian dibuat peta densitas kelurusan.

Berdasarkan peta densitas kelurusan (Gambar 5), nilai densitas terkecil didaerah penelitian yaitu 270 m/km<sup>2</sup> dan tertinggi 5914 m/km<sup>2</sup>, dengan mean 3128 m/km<sup>2</sup>, standar deviasi 1165, dan nilai threshold 4293 m/km<sup>2</sup>. Terdapat 6 daerah yang memiliki nilai densitas tinggi (melebihi threshold 4293 m/km<sup>2</sup>) pada barat laut dan tenggara daerah penelitian.



Gambar 5. Peta densitas kelurusan (FFD) di daerah penelitian dengan nilai threshold 4293.

## 4.2 Geoindicator

Tabel 1. Perbandingan Geoindicator dari beberapa komponen dalam air panas.

Sampe l	AP1	AP3	Indikas i
Na	110,07	100	
K	1,88	3,1	
Ca	19,78	24,3	
Li	0,05	0,06	
B	0,58	0,44	
Na/K	58,55	32,26	Outflo w
Na/Ca	5,56	4,11	Outflo w

Na/Li	2201,4	1666,67	Outflo w
B/Li	11,6	7,3	Outflo w

Berdasarkan Tabel 1 dapat diketahui bahwa sampel AP1 dan AP3 menunjukkan korelasi yang sama yaitu nilai Na/K yang tinggi (>15), nilai Na/Ca yang rendah (<15), nilai Na/Li yang tinggi (>1000), dan nilai B/Li yang rendah (<100).

Nilai Na/K yang tinggi menunjukkan bahwa AP1 dan AP3 berada pada zona outflow. Na/K yang tinggi mengindikasikan lateral flow pada fluida panas bumi, kemudian terjadi reaksi dekat permukaan dalam hal ini pengenceran dengan air tanah, serta pendinginan secara konduktif.

AP1 dan AP3 memiliki nilai Na/Ca dan B/Li yang rendah serta Na/Li yang tinggi, hal ini menunjukkan bahwa air manifestasi keluar dari zona outflow.

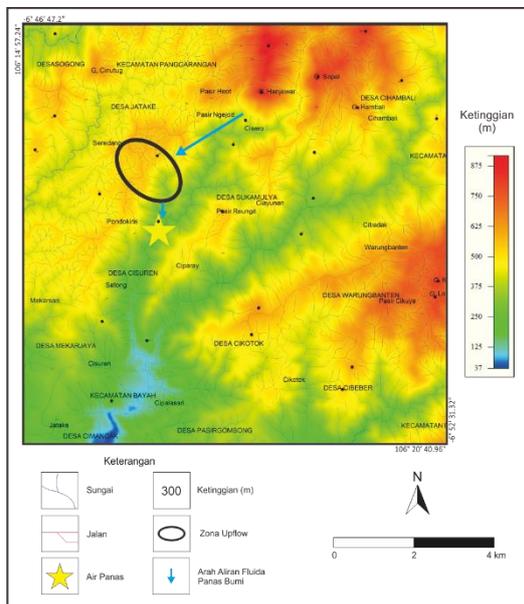
## 4.3 Zona Upflow dan Outflow

Zona upflow daerah penelitian didelineasi berdasarkan nilai anomali densitas tinggi pada peta densitas kelurusan (Gambar 5) yang memiliki nilai densitas melebihi nilai threshold yaitu 4293m/km<sup>2</sup>. Sementara zona outflow dan arah aliran fluidanya diinterpretasi dari nilai geoindicator.

Sumber panas bumi daerah penelitian didasarkan pada Tim Survei Terpadu PSDG, 2011 yang menyatakan bahwa panas bumi daerah Cibeber berasal dari G.Hanjawar.

Pada Gambar 6 dapat dilihat bahwa zona upflow berada di baratdaya dari sumber panasnya yaitu G.Hanjawar. Pada daerah penelitian fluida panas bumi mengalir ke arah baratdaya dari G.Hanjawar, kemudian masuk ke zona upflownya dimana pada zona ini memiliki permeabilitas dan gradien suhu bawah permukaan yang paling tinggi. Fluida dari zona upflow kemudian

mengalir lateral ke selatan ke zona outflow dimana ditemukannya manifestasi panas bumi.



Gambar 6. Peta zona upflow/outflow daerah penelitian.

## 5. KESIMPULAN

Pada daerah penelitian terdapat 346 kelurusan punggungan dan lembahan dengan menunjukkan trend dominan yang relatif sama yaitu baratlaut-tenggara dan timurlaut-baratdaya.

Berdasarkan peta densitas kelurusan, nilai densitas terkecil didaerah penelitian yaitu 270 m/km<sup>2</sup> dan tertinggi 5914 m/km<sup>2</sup>, dengan mean 3128 m/km<sup>2</sup>, standar deviasi 1165, dan nilai threshold 4293 m/km<sup>2</sup>. Terdapat 6 daerah yang memiliki nilai densitas tinggi (melebihi threshold 4293 m/km<sup>2</sup>) pada barat laut dan tenggara daerah penelitian.

Berdasarkan perbandingan geoindicator dapat diketahui bahwa sampel AP1 dan AP3 menunjukkan zona outflow, dimana zona outflow nilai Na/K yang tinggi (>15), nilai Na/Ca yang rendah (<15), nilai Na/Li yang tinggi (>1000), dan nilai B/Li yang rendah (<100).

Zona upflow berada di baratdaya dari sumber panasnya yaitu G.Hanjawar.

Pada daerah penelitian fluida panas bumi mengalir ke arah baratdaya dari G.Hanjawar, kemudian masuk ke zona upflownya dimana pada zona ini memiliki permeabilitas dan gradien suhu bawah permukaan yang paling tinggi. Fluida dari zona upflow kemudian mengalir lateral ke selatan ke zona outflow dimana ditemukannya manifestasi panas bumi.

## DAFTAR PUSTAKA

- Hochstein, M. P. 1988. *Assessment and modelling of geothermal reservoirs (small utilization schemes)*. *Geothermics*, 17(1), 15–49.
- Hochstein, M. P., & Caldwell, T. G. 1985. *Heat source characteristics of some warm and hot spring systems in China*. Auckland: Auckland University.
- Nahli, K., dkk. 2016. *Identifying Non-Volcanic Geothermal Potential in Amohola, Southeast Sulawesi Province, by Applying the Fault and Fracture Density (FFD) Method*. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 42(1).
- Nasruddin, dkk. (2016). *Potential of geothermal energy for electricity generation in Indonesia: A review*. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 53, 733–740.
- Nicholson, K. 1993. *Geothermal Fluids : Chemistry and Exploration Techniques*. Berlin: Springer-Verlag.
- Sujatmiko, & Santosa, S. 1992. *Geologi Lembar Leuwidamar, Jawa*. Bandung: Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.
- Syabi, H. F., dkk. 2017. *Determining Upflow/Outflow Zone and Fluid Flow in Geothermal Prospect Area Based on Geoindicator Comparison Value : A Case Study of Mt. Telomoyo, Central Java, Indonesia*. Jakarta: PROCEEDINGS, The 5th Indonesia International Geothermal Convention & Exhibition 2017.

Tim Survei Terpadu PSDG. 2011. *Laporan Akhir Survei Terpadu Geologi dan Geokimia Daerah Panas Bumi Pamancalan Kabupaten Lebak, Provinsi Banten*. Bandung: PSDG.

Van Bemmelen, R. W. 1949. *The Geology of Indonesia. General Geology of Indonesia and Adjacent Archipelagoes*. Batavia: Government Printing Office.

Zuhro, A. A. 2004. *Numerical Modelling of The Kamojang Geothermal*

*System, Indonesia*. Reykjavík: The United Nations University.