STABILISASI TANAH LEMPUNG EKSPANSIF MENGGUNAKAN KOMBINASI ATTAPULGITE DAN POLIMER POLYVINYL ALCOHOL (PVA)

MEINDIKA RAFI PRADITYA

PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK SIPIL DAN LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK DAN TEKNOLOGI
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2026

IPB University
Bogor Indonesia
@Hak cipta milik IPB University
Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.
IPB University
Perpustakaan IPB University

@Hak cipta milik IPB University

IPB University

IPB University
Bogor Indonesia

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
   a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
   b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Perpustakaan IPB University

IPB University
Bogor Indonesia
@Hak cipta milik IPB University
Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.
IPB University
Perpustakaan IPB University

PERNYATAAN MENGENAI SKRIPSI DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi dengan judul "Stabilisasi Tanah Lempung Ekspansif Menggunakan Kombinasi Attapulgite dan Polimer Polyvinyl alcohol (PVA)" adalah karya saya dengan arahan dari dosen pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apapun kepada perguruan tinggi manapun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka di bagian akhir skripsi ini.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya kepada Institut Pertanian Bogor.

Bogor, Juni 2026

Meindika Rafi Praditya
NIM. F4401221013

@Hak cipta milik IPB University

IPB University

IPB University
Bogor Indonesia

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
   a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
   b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Perpustakaan IPB University

IPB University
Bogor Indonesia
@Hak cipta milik IPB University
Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.
IPB University
Perpustakaan IPB University

ABSTRAK

MEINDIKA RAFI PRADITYA. Stabilisasi Tanah Lempung Ekspansif Menggunakan Kombinasi Attapulgite dan Polimer Polyvinyl alcohol (PVA). Dibimbing oleh HERIANSYAH PUTRA dan ERIZAL.

Tanah lempung ekspansif mencakup sekitar 65% wilayah daratan Indonesia dan sering menyebabkan kerusakan infrastruktur akibat sifat *shrink-swell* yang tinggi. Penelitian ini menganalisis efektivitas kombinasi Attapulgite (4%, 6%, 8%, dan 12%) serta Polyvinyl alcohol (PVA) 3% dalam menstabilkan tanah ekspansif sedang dan tinggi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa setelah stabilisasi dengan Attapulgite 8%, indeks plastisitas menurun dari 23,66% menjadi 22,68% pada tanah ekspansif sedang dan dari 26,58% menjadi 24,37% pada tanah ekspansif tinggi. Nilai CBR *unsoaked* meningkat hingga 11,049% dan 9,646%, sedangkan CBR *soaked* meningkat dari 2,524% menjadi 8,207% pada tanah sedang dan dari 2,018% menjadi 6,834% pada tanah tinggi. Potensi *swelling* menurun dari 4,13% menjadi 0,12% dan dari 9,36% menjadi 0,89%, sehingga klasifikasi kedua tanah berubah menjadi *low*. Hasil XRD menunjukkan penurunan mineral *montmorillonite* dan kemunculan *palygorskite*, sedangkan SEM memperlihatkan terbentuknya agregat yang lebih padat akibat keberadaan gel PVA dan *granular cementation*. Kombinasi Attapulgite-PVA terbukti efektif meningkatkan stabilitas dan daya dukung tanah melalui mekanisme *filling effect* dan *bridging agent*.

Kata kunci: Attapulgite, CBR, PVA, *Swelling*, tanah lempung ekspansif.

ABSTRACT

MEINDIKA RAFI PRADITYA. Stabilization of Expansive Clay Soil Using a Combination of Attapulgite and Polymer Polyvinyl alcohol (PVA). Supervised by HERIANSYAH PUTRA and ERIZAL.

Expansive clay soils cover approximately 65% of Indonesia's land area and frequently cause infrastructure damage due to their high shrink-swell behavior. This study analyzed the effectiveness of combining Attapulgite (4%, 6%, 8%, and 12%) with 3% Polyvinyl alcohol (PVA) in stabilizing medium- and high-expansive soils. The results showed that after stabilization with 8% Attapulgite, the plasticity index decreased from 23.66% to 22.68% for medium-expansive soil and from 26.58% to 24.37% for high-expansive soil. The *unsoaked* CBR value increased up to 11.049% and 9.646%, respectively, while the *soaked* CBR increased from 2.524% to 8.207% for medium-expansive soil and from 2.018% to 6.834% for high-expansive soil. The swelling potential decreased from 4.13% to 0.12% and from 9.36% to 0.89%, shifting the classification of both soils to the low category. XRD analysis revealed a reduction in *montmorillonite* content along with the appearance of *palygorskite*, while SEM observations showed the formation of denser aggregates resulting from PVA gel formation and *granular cementation*. The Attapulgite-PVA combination proved effective in improving soil stability and *bearing capacity* through the filling effect and *bridging agent* mechanisms.

Keywords: Attapulgite, CBR, expansive clay soil, PVA, *Swelling*.

IPB University
Bogor Indonesia
@Hak cipta milik IPB University
Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.
Perpustakaan IPB University

© Hak Cipta milik IPB, tahun 2026[1]
Hak Cipta dilindungi Undang-Undang

Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan atau menyebutkan sumbernya. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik, atau tinjauan suatu masalah, dan pengutipan tersebut tidak merugikan kepentingan IPB.

Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apa pun tanpa izin IPB.

STABILISASI TANAH LEMPUNG EKSPANSIF MENGGUNAKAN KOMBINASI ATTAPULGITE DAN POLIMER POLYVINYL ALCOHOL (PVA)

MEINDIKA RAFI PRADITYA

Skripsi
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana pada
Program Studi Teknik Sipil dan Lingkungan

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL DAN LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK DAN TEKNOLOGI
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2026

IPB University
Bogor Indonesia
@Hak cipta milik IPB University
Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.
IPB University
Perpustakaan IPB University

IPB University
Bogor Indonesia
@Hak cipta milik IPB University
Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.
IPB University
Perpustakaan IPB University

Tim Penguji pada Ujian Skripsi:

1. Dr. Ir. Erizal, M. Agr. IPU., ASEAN. Eng.
2. Zainab Ramadhanis, S.T., M.S.

@Hak cipta milik IPB University

IPB University

IPB University
Bogor Indonesia

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
   a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
   b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Perpustakaan IPB University

Judul Penelitian	:	Stabilisasi Tanah Lempung Ekspansif Menggunakan Kombinasi Attapulgite dan Polimer Polyvinyl alcohol (PVA)
Nama	:	Meindika Rafi Praditya
NIM	:	F4401221013
Program Studi	:	Teknik Sipil dan Lingkungan

Disetujui oleh

Pembimbing 1:
Dr. Eng. Ir. Heriansyah Putra, S.Pd. M. Eng.
NIP. 19900209 201803 1 001

Pembimbing 2:
Dr. Ir. Erizal, M.Agr., IPU., ASEAN Eng.
NIP. 19650106 199002 1 001

Diketahui oleh

Ketua Program Studi Teknik Sipil dan Lingkungan
Ir. Tri Sudibyo, S.T., M.Sc.,Ph.D., IPM.
NIP. 19840530 201404 1 001

Tanggal Ujian:
30 Juni 2026

Tanggal Lulus: 03 JUL 2026

IPB University
Bogor Indonesia
Hak cipta milik IPB University
Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.
IPB University
Perpustakaan IPB University

IPB University
Bogor Indonesia
@Hak cipta milik IPB University
Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.
IPB University
Perpustakaan IPB University

PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas segala karunia-Nya sehingga karya ilmiah ini dapat diselesaikan dengan baik. Tema yang dipilih dalam penelitian yang dilaksanakan sejak bulan September 2025 sampai bulan Juni 2026 dengan judul "Stabilisasi Tanah Lempung Ekspansif Menggunakan Kombinasi Attapulgite dan Polimer Polyvinyl alcohol (PVA)".

Penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah membantu dalam proses penelitian dan penyusunan karya ilmiah ini, khususnya kepada:

1. Dr. Eng. Heriansyah Putra, S.Pd., M.Eng. dan Dr. Ir. Erizal, M. Agr. IPU., ASEAN. Eng. selaku dosen pembimbing yang memberikan bimbingan, arahan, serta masukan selama proses penelitian dan penyusunan karya ilmiah ini;
2. Ir. Tri Sudibyo, S.T., M.Sc., Ph.D., IPM. selaku Ketua Program Studi Sarjana Teknik Sipil dan Lingkungan yang telah membantu dalam memberikan arahan serta saran dalam penyusunan skripsi;
3. Teruntuk ibuku tersayang, terima kasih telah membesarkanku dengan penuh keteguhan dan mengajarkanku arti tanggung jawab serta keberanian untuk berdiri di atas kakiku sendiri. Untuk almarhum ayahku tercinta, terima kasih telah menemani langkah awal hidupku, kasihmu tetap menjadi pijakan dalam setiap langkahku. Kini aku sampai di titik ini, menjadi sarjana pertama di keluarga besar Bani Soeharto, berkat didikan dan cinta kalian berdua sebagai fondasi hidupku. Untuk kakakku tercinta, Esky Anindya Pradista, dan kakak iparku, Ary, terima kasih atas setiap dukungan, perhatian, dan pengorbanan yang tidak pernah sedikit pun berkurang, kalian bukan sekadar keluarga, tapi juga tempat pulang di saat lelah menyapa;
4. Untuk sahabat penulis, khususnya Asyifa Hidayanti, terima kasih telah menjadi tempat pulang bagi segala cerita, keluh, dan lelah, serta selalu hadir membantu selama masa penelitian dan perjalanan perkuliahan. Untuk Dinar, Imel, Nanda, dan Citra, terima kasih telah membersamai setiap proses, saling menguatkan, dan menjadi bagian dari cerita perjuangan ini;
5. Rekan-rekan satu bimbingan, Herlina, Athourrohman, Avrill, Alfan, Windy, Faishal, dan Bilqist, terima kasih atas kebersamaan, bantuan, dan dukungan yang saling menguatkan selama proses penelitian dan penyusunan skripsi ini;
6. Teman-teman seperjuangan mahasiswa Teknik Sipil dan Lingkungan angkatan 59 (Zenikata Gatatirta) yang telah memberikan dukungan dan kebersamaan selama masa perkuliahan dan penelitian.

Semoga karya ilmiah ini dapat memberikan manfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan, khususnya pada bidang geoteknik dan stabilisasi tanah.

Bogor, Juni 2026

Meindika Rafi Praditya
NIM. F4401221013

DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL xi

DAFTAR GAMBAR xi

DAFTAR LAMPIRAN xii

I PENDAHULUAN 1
- 1.1 Latar Belakang 1
- 1.2 Rumusan Masalah 3
- 1.3 Tujuan 3
- 1.4 Manfaat 3
- 1.5 Ruang Lingkup 3

II TINJAUAN PUSTAKA 4
- 2.1 Tanah Lempung Ekspansif (*Swell-shrink soils*) 4
- 2.2 Attapulgite untuk Stabilisasi Tanah 5
- 2.3 Polyvinyl alcohol (PVA) untuk Stabilisasi Tanah 6
- 2.4 Lapisan *Subgrade* Perkerasan Jalan 8
- 2.5 Parameter Kekuatan *Subgrade* Berdasarkan *California Bearing Ratio* 9

III METODE 12
- 3.1 Waktu dan Tempat 12
- 3.2 Alat dan Bahan 12
- 3.3 Prosedur Penelitian 12
  - 3.1.1 Pembuatan Bahan Uji dengan Variasi Bentonit 14
  - 3.1.2 Pengujian Sifat Fisik Tanah 14
  - 3.1.3 Pengujian CBR *Unsoaked* dan *Soaked* 15
  - 3.1.4 Pengujian Mikrostruktur 17

IV HASIL DAN PEMBAHASAN 18
- 4.1 *Properties* Tanah 18
- 4.2 Parameter Indeks Plastisitas 19
- 4.3 Parameter Pemadatan (Uji Proctor) 21
- 4.4 *California Bearing Ratio Curve Characteristic* 22
- 4.5 Peningkatan Nilai *California Bearing Ratio* (CBR) *Unsoaked* 24
- 4.6 Peningkatan Nilai *California Bearing Ratio* (CBR) *Soaked* 25
- 4.7 Potensi Pengembangan (*Swelling*) Tanah Ekspansif 27
- 4.8 Karakteristik Mikrostruktur dan Mineralogi Tanah Stabilisasi Attapulgite-PVA 30

V SIMPULAN DAN SARAN 34
- 5.1 Simpulan 34
- 5.2 Saran 34

DAFTAR PUSTAKA 35

LAMPIRAN 43

RIWAYAT HIDUP 46

IPB University — Bogor Indonesia

Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Perpustakaan IPB University

IPB University
Bogor Indonesia
@Hak cipta milik IPB University
Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.
IPB University
Perpustakaan IPB University

DAFTAR TABEL

2.1 Klasifikasi ekspansivitas tanah berdasarkan PI (Chen 1975) 4
2.2 Klasifikasi tingkat ekspansifitas tanah berdasarkan persen pengembangan 5
2.3 Klasifikasi nilai CBR tanah (Bowles 2012) 10
3.1 Jenis pengujian sifat fisik tanah 15
3.2 Variasi sampel uji 15
4.1 Sifat Fisik Awal Tanah 19

DAFTAR GAMBAR

2.1 Struktur molekul 3D PVA (Tahir dan Al-Yasari 2018) 6
2.2 Pengaruh PVA terhadap stabilisasi tanah dan struktur agregat (Cao *et al.* 2024) 7
2.3 Skema letak tanah dasar (*subgrade*) pada struktur perkerasan jalan 9
2.4 Koreksi kurva kalibrasi beban-penetrasi (BSN 2012) 11
3.1 Prosedur pelaksanaan penelitian 13
3.2 Skema pembuatan bahan uji 14
3.3 Skema pengujian CBR *untreatment* 17
3.4 Skema pengujian CBR *treatment* 17
4.1 Pengaruh stabilisasi kombinasi Attapulgite-PVA terhadap PI pada tanah ekspansif sedang dan tinggi 20
4.2 Pengaruh waktu *curing* pada tanah stabilisasi kombinasi Attapulgite-PVA terhadap PI pada (a) tanah ekspansif sedang; dan (b) tanah ekspansif tinggi 21
4.3 Nilai MDD dan OMC pada tanah ekspansif sedang dan tinggi 21
4.4 Kurva karakteristik tekanan-penetrasi CBR *unsoaked* pada (a) tanah ekspansif sedang; dan (b) tanah ekspansif tinggi 23
4.5 Kurva karakteristik tekanan-penetrasi CBR *soaked* pada (a) tanah ekspansif sedang; dan (b) tanah ekspansif tinggi 23
4.6 Peningkatan nilai CBR *unsoaked* tanah ekspansif sedang dan tinggi 24
4.7 Peningkatan nilai CBR *soaked* tanah ekspansif sedang dan tinggi 26
4.8 Penurunan nilai *swelling* tanah ekspansif sedang dan tinggi 28
4.9 Hasil analisis XRD sampel tanah lempung ekspansif *(a) untreatment*; *(b) treatment* 30
4.10 Hasil analisis SEM sampel tanah lempung ekspansif (a) *untreatment*; (b) *treatment* 32

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Data hasil uji atterberg limits tanah ekspansif 44
Lampiran 2 Data indeks plastisitas tanah ekspansif sedang pada berbagai masa *curing* 44
Lampiran 3 Data hasil uji CBR *unsoaked* 44
Lampiran 4 Data hasil uji CBR *soaked* 45
Lampiran 5 Data hasil uji *swelling* 45
Lampiran 6 Dokumentasi pengujian 45

IPB University
Bogor Indonesia
Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.
@Hak cipta milik IPB University
IPB University
Perpustakaan IPB University