

Dokumen Kurikulum 2013-2018

Program Studi Magister

Teknik Panas Bumi

Fakultas Teknik Pertambangan dan Perminyakan

Institut Teknologi Bandung

	Bidang Akademik dan Kemahasiswaan	Kode Dokumen		Total Halaman
		Kur2013-S2-PB		42
	Institut Teknologi Bandung	Versi 2	Revisi 4	31-07- 2013

KURIKULUM ITB 2013-2018 – PROGRAM MAGISTER
Program Studi Magister Teknik Panas Bumi
Fakultas Teknik Pertambangan dan Perminyakan ITB

1 Deskripsi Umum

1.1 Body Of Knowledge

Energi geotermal adalah energi panas yang berasal dari dalam bumi (energi panas bumi). Energi geotermal telah dimanfaatkan untuk pembangkit listrik sejak seratus tahun yang lalu, yaitu di Italy sejak tahun 1913 dan kemudian diikuti oleh New Zealand pada tahun 1958. Pemanfaatan energi geotermal untuk sektor non-listrik (*direct use*) telah berlangsung di Iceland sekitar 70 tahun. Saat ini energi geotermal telah dimanfaatkan untuk pembangkit listrik di 24 Negara, termasuk di Indonesia, yaitu sejak tahun 1983. Disamping itu fluida geotermal juga dimanfaatkan untuk sektor non-listrik di 72 negara, antara lain untuk pemanasan ruangan, pemanasan air, pemanasan rumah kaca, pengeringan hasil produk pertanian, pemanasan tanah, pengeringan kayu dan kertas.

Terdapat beberapa jenis sistem geotermal yang telah teridentifikasi. Goff dan Janik (2000) mengelompokan sistem geotermal menjadi 5 sistem, yaitu:

1. Sistem yang berasosiasi dengan magmatisme dan volkanisme muda (Kuarter). Sistem ini umumnya mempunyai temperatur di atas 370°C dan kedalaman reservoir kurang dari 1,5 km.
2. Sistem yang berhubungan dengan tektonik, yaitu terjadi di lingkungan busur belakang, daerah regangan, zona kolisi dan sepanjang zona sesar. Sistem ini umumnya mempunyai temperatur reservoir di atas 250°C dan kedalaman reservoir lebih dari 1,5 km.
3. Sistem yang dipengaruhi oleh tekanan yang banyak ditemukan di cekungan sedimen. Kedalaman reservoir sistem ini umumnya 1,5 hingga 3 km dan temperatur reservoir berkisar dari 50 hingga 190°C.
4. Sistem hot dry rock (HDR) yang memanfaatkan panas yang tersimpan dalam batuan berporositas rendah dan tidak permeabel. Temperatur sistem ini berkisar antara 120 hingga 225°C dengan kedalaman batuan panas 2 hingga 4 km.
5. Sistem magma tap yang memanfaatkan panas yang keluar dari tubuh magma dangkal. Pada sistem ini, magma merupakan bentuk paling murni panas alamiah yang mempunyai temperatur mencapai 1200°C.

Tiga jenis pertama merupakan sistem geotermal yang umumnya dieksplorasi dan dieksploitasi dan pada ketiga sistem tersebut panas ditransfer secara konveksi dengan aliran air panas terjadi secara alamiah, sehingga ketiga sistem tersebut disebut juga sistem hidrotermal. Kebanyakan sistem panas bumi di Indonesia adalah sistem 1 dan 2, yaitu berada di busur volkanik dan pada zona rekahan.

White (1967) berpendapat, bahwa fluida panas yang terkandung dalam reservoir sistem panas bumi berasal dari air permukaan (air meteorik), yang masuk ke bawah permukaan dan terpanaskan oleh sumber panas. Selanjutnya, fluida panas tersebut akan naik dan mengisi rekahan dan pori antar butir batuan reservoir yang permeabel. Fluida panas ini dapat juga terus naik ke permukaan dan membentuk manifestasi geotermal di permukaan, seperti mataair panas, fumarola dan alterasi permukaan. Dalam perjalanannya, fluida geotermal dapat mengalami perubahan fasa (mengalami boiling) dan pencampuran dengan fluida lainnya (magmatik atau air tanah/dingin).

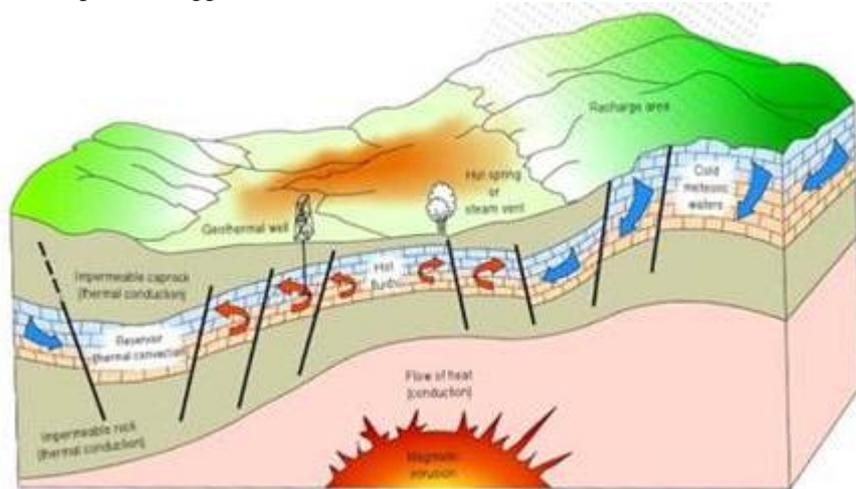
Dengan demikian dapat dikatakan, bahwa sistem panas bumi, terutama sistem hidrotermal, mempunyai 4 komponen utama, yaitu (Gambar 1.1):

1. Sumber panas yang biasanya adalah magma atau batuan plutonik lainnya.
2. Reservoir yang merupakan tempat terkumpulnya fluida geotermal. Di reservoir fluida geotermal juga dapat mendidih.

Bidang Akademik dan Kemahasiswaan ITB	Kur2013-Teknik Panas Bumi	Halaman 2 dari 42
Template Dokumen ini adalah milik Direktorat Pendidikan - ITB Dokumen ini adalah milik Program Studi Magister Teknik Panas Bumi ITB. Dilarang untuk me-reproduksi dokumen ini tanpa diketahui oleh Dirdik-ITB dan 226-ITB.		

3. Daerah resapan di sekitar sistem geotermal yang merupakan tempat terserapnya air meteorik ke dalam sistem.
4. Daerah keluaran panas di permukaan yang disebut sebagai manifestasi geotermal di permukaan.

Sistem hidrotermal merupakan sistem geotermal yang paling banyak digunakan hingga saat ini (Sanyal, 2005). Sistem hidrotermal adalah sistem dimana reservoirnya mengandung uap panas atau air panas atau campuran keduanya, tergantung tekanan dan temperatur reservoirnya. Apabila temperatur reservoir lebih rendah dari temperatur saturasi atau temperatur titik didih air pada tekanan reservoir tersebut, maka fluida hanya terdiri dari satu fasa saja, yaitu air. Apabila temperatur lebih tinggi dari temperatur saturasi atau temperatur titik didih air pada tekanan reservoir tersebut, maka fluida hanya terdiri satu fasa saja, yaitu uap. Pada kondisi tersebut, uap disebut sebagai superheated steam. Apabila tekanan dan temperatur reservoir sama dengan tekanan dan temperatur saturasi air maka fluida dapat merupakan air jenuh (saturated liquid) atau uap jenuh (saturated vapour) atau fluida dua fasa, yaitu campuran uap dan air. Reservoir dua fasa ada dua jenis, yaitu reservoir dominasi uap dan reservoir dominasi air. Ditinjau dari temperturnya, Hochstein (1990) membedakan sistem geotermal menjadi tiga, yaitu sistem temperatur rendah ($<125^{\circ}\text{C}$), temperatur sedang ($125\text{-}225^{\circ}\text{C}$) dan temperatur tinggi ($>225^{\circ}\text{C}$).



Gambar 1.1 Model Sistem Hidrotermal (IGA, 2004)

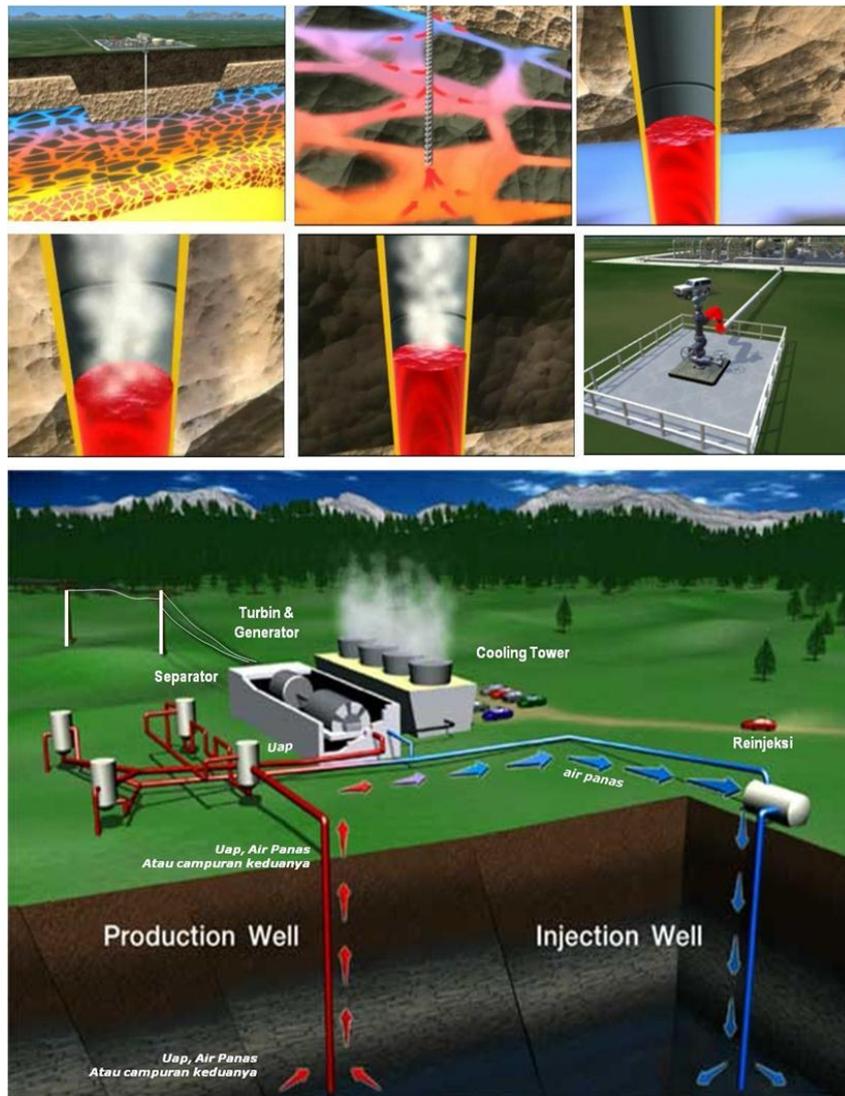
Berdasarkan topografinya, sistem geotermal dibedakan menjadi:

1. Sistem topografi datar. Sistem geotermal jenis ini berada pada topografi datar dan umumnya berhubungan dengan gunungapi berkomposisi asam. Air meteorik yang terserap terpanaskan oleh sumber panas dan membentuk kolom air klorida dengan pH mendekati netral. Aliran ke atas (upflow) dari sistem bawah permukaan terbentuk langsung sebagai mata air klorida ber-pH netral hingga sedikit basa yang biasanya berasosiasi dengan pembentukan endapan sinter silika. Uap yang terpisah dapat membentuk fumarola atau terserap oleh air tanah, dapat membentuk air yang terpanaskan oleh uap (steam heated) berkomposisi asam sulfat – bikarbonat.
2. Sistem topografi tinggi. Sistem panas bumi berada pada topografi tinggi. Pola aliran sub-horisonal pada sistem geotermal ini berhubungan dengan gunung api aktif di busur kepulauan. Muka air tanah yang rendah di daerah tropis dan struktur gunung api yang berelief tinggi menghasilkan keluaran air klorida yang tersebar. Bagian upflow sistem ini ditemukan fumarola, batuan ubahan dan akuifer air yang terpanaskan oleh uap.

Sesuai ketentuan UU No. 27/2003 tentang Panas Bumi, kegiatan perusahaan panas bumi (geotermal) meliputi kegiatan berikut:

1. Survey Pendahuluan (Preliminary Survey)
2. Eksplorasi
3. Studi Kelayakan (Feasibility Study)
4. Eksploitasi dan Utilisasi (Pemanfaatan)

Survey pendahuluan meliputi survey pendahuluan geologi, geokimia dan geofisika geotermal dan selanjutnya membuat model konseptual sistem geotermal dan memperkirakan besar potensi geotermal. Kegiatan eksplorasi dalam rangka mencari sumber energi geotermal terdiri dari kegiatan penyelidikan geologi, geofisika, geokimia, pengeboran uji, dan pengeboran sumur eksplorasi. Eksplorasi untuk pencarian sumber energi geotermal sebagai sumber pasokan uap untuk pembangkit listrik ditujukan pada pencarian reservoir panas bumi, yaitu zona rekah yang mengandung uap, air atau campuran keduanya yang bertemperatur tinggi pada kedalaman 2-3 km dibawah permukaan bumi. Kegiatan eksploitasi meliputi rangkaian kegiatan pengeboran sumur produksi, sumur reinjeksi dan sumur make-up, pembangunan fasilitas lapangan dan operasi produksi sumber daya geotermal. Untuk mensuplai uap ke pembangkit listrik, sejumlah sumur harus di bor hingga kedalaman 2-3 km menembus zona bertemperatur tinggi. Kegiatan eksplorasi dan eksploitasi sering dinyatakan sebagai kegiatan hulu. Pemanfaatan fluida geotermal untuk pembangkit listrik diilustrasikan pada Gambar 1.2



Gambar 1.2 Ilustrasi pemanfaatan fluida geotermal untuk pembangkit listrik

Untuk melaksanakan pemboran sumur eksplorasi dan tahap eksploitasi dibutuhkan SDM yang memahami teknik operasi pemboran sumur geotermal, meliputi mendesain dan merencanakan pemboran, merencanakan dan melaksanakan pengujian sumur, dan menganalisis data uji sumur. Hal ini dilakukan untuk mengetahui karakteristik reservoir, seperti kedalaman, ketebalan dan bentuk reservoir, kedalaman pusat rekahan (feed zone), temperatur dan jenis reservoir, tipe dan sifat fluida geotermal yang dapat diproduksi, serta mengetahui perilaku dan kemampuan produksi sumur, khususnya yang menyangkut laju produksi uap dan air, kualitas uap, enthalpy fluida, dan potensi listrik yang akan dihasilkan dari sumur tersebut.

Studi kelayakan (Feasibility study) merupakan tahapan setelah tahapan pemboran sumur eksplorasi. Tujuan dari studi kelayakan adalah untuk menilai apakah suatu daerah prospek secara teknis dan ekonomis menarik untuk dikembangkan. Pada tahap ini diperlukan SDM yang dapat diandalkan untuk:

- a) Mengkaji data geologi, hidrologi, geokimia, geofisika, dan data sumur, serta membuat model sistem geotermal (conceptual model).
- b) Menghitung besar sumberdaya, cadangan dan potensi listrik.
- c) Menganalisis potensi dan kinerja produksi sumur.
- d) Menganalisis sifat fluida produksi dan kandungan non-condensable gas, serta memperkirakan sifat korosifitas air dan kecenderungan pembentukan endapan padat (scaling).
- e) Mengusulkan beberapa alternatif pengembangan lapangan
- f) Menentukan kapasitas turbin, termasuk banyaknya uap yang dibutuhkan oleh turbin, dan merencanakan sistem pembangkit listrik serta menangani problem-problem lapangan, apabila lapangan tersebut akan diusahakan untuk pembangkit listrik.
- g) Merencanakan pipa alir yang akan diperlukan untuk dibangun di permukaan.
- h) Memperkirakan jumlah sumur produksi dan sumur injeksi yang perlu dibor untuk memenuhi kebutuhan uap yang diperlukan turbin.
- i) Memprediksi kinerja sumur dan reservoir selama jangka waktu tertentu (biasanya 25 hingga 30 tahun), apabila sumberdaya geotermal tersebut akan diusahakan untuk pembangkit listrik.
- j) Menilai kelayakan dan keekonomian dari setiap alternatif pengembangan yang diusulkan.

Apabila hasil studi kelayakan menyimpulkan, bahwa suatu daerah prospek menarik untuk dikembangkan, maka tahap selanjutnya adalah tahap perencanaan. Pada tahap ini perlu dibuat rencana secara rinci, mulai dari hulu (sumur produksi) hingga ke hilir (misalnya sebagai pembangkit listrik).

Fasilitas produksi tergantung dari jenis fluida yang mengalir dari sumur produksi. Berbeda dengan lapangan minyak dan gas, fasilitas produksi geotermal tidak hanya memerlukan komponen utama sumur dan kepala sumur, tetapi juga memerlukan separator (untuk fluida dua fasa), silencer dan pipa alir permukaan. Disamping itu juga diperlukan pompa, penyangga pipa (support), loops, kompensator, condensate trap (untuk membuang kondensat yang terbentuk karena adanya panas yang hilang di pipa alir), dan peralatan yang digunakan untuk mengukur temperatur, tekanan, dan laju alir fluida.

Perencanaan pipa alir meliputi perencanaan pipa alir fluida dua-fasa dari sumur hingga ke separator, pipa alir uap dari separator hingga ke turbin, dan pipa alir air panas dari separator ke sumur injeksi atau pipa untuk aliran kondensat dari cooling tower ke sumur injeksi. Perencanaan pipa alir geotermal meliputi penentuan route dan ukuran (diameter) pipa, serta jenis material yang digunakan, jenis dan tebal insulator (untuk menghindarkan kehilangan panas), jarak pipa dari permukaan tanah, jenis loops dan support (untuk mengantisipasi pergerakan pipa karena pemuaian pada temperatur tinggi) yang digunakan serta penempatannya, lokasi dan jarak antar condensate traps (pembuang kondensat untuk menjaga agar kadar kondensat yang masuk ke turbin relatif rendah sehingga tidak merusak turbin), dan tekanan operasi yang diizinkan. Perencanaan pipa alir di lapangan geotermal perlu dilakukan dengan memperhitungkan topografi (kemiringan lereng) dan kondisi geologi, termasuk kemungkinan terjadinya gempa. Pipa alir juga harus dirancang sedemikian rupa sehingga tidak menimbulkan kehilangan panas dan tekanan uap yang berlebihan ketika masuk ke turbin. Kehilangan tekanan dan temperatur di sini harus dapat dihitung dengan memperhitungkan massa yang hilang ketika melalui condensate pots, loops, adanya kecepatan angin, curah hujan, dll.

Tahap perencanaan juga meliputi perencanaan utilisasi energi geotermal secara langsung (sebagai pembangkit listrik) maupun tidak langsung (pemanas dan sektor non-listrik lainnya). Untuk tahap ini dibutuhkan sumberdaya manusia (SDM) yang mampu mendesain, merawat dan mengatasi masalah-masalah yang timbul berkaitan dengan peralatan dan sistem secara keseluruhan dengan mempertimbangkan faktor teknis dan ekonomis secara optimal. Misalnya sebagai pembangkit listrik, sebagian besar peralatan di PLTP merupakan mesin roto dinamik dan merupakan sistem yang terintegrasi, maka kondisi dan pengoperasian peralatan tersebut harus dilakukan secara berkesinambungan melalui sistem kontrol dan instrumentasi yang tepat. Berbagai sistem pembangkitan listrik yang telah diterapkan di lapangan geotermal diantaranya adalah direct dry steam (Lapangan Geotermal Kamojang dan Darajat), separated steam (Awibengkok G. Salak),

single flash steam, double flash steam, multi flash steam, brine/freon binary cycle, brine/isobutane binary cycle, combined cycle, dan hybrid/fossil-geothermal conversion system.

Sebuah PLTP haruslah memiliki tingkat efisiensi yang cukup tinggi. Tanpa diterapkannya suatu sistem pembangkit yang memiliki efisiensi yang tinggi, maka pembangkit tersebut tidak akan mampu memberikan hasil yang optimal. Tinggi rendahnya efisiensi suatu PLTP sangat ditentukan oleh rancangannya. Rancangan suatu PLTP perlu dianalisis secara termodinamika dengan menerapkan berbagai Ilmu Teknik Mesin agar dapat mengoptimalkan performansi PLTP tersebut. Pada prinsipnya, sistem Pembangkit Listrik Tenaga Geotermal (PLTP) sama dengan sistem Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU), yaitu fasa uap yang dihasilkan di kepala sumur akan dialirkan langsung ke turbin untuk kemudian dirubah menjadi energi gerak yang akan memutar generator listrik. Meskipun demikian, kedua sistem ini sangat berbeda, mengingat siklus di PLTP bukan merupakan siklus yang tertutup dan uap yang dihasilkan berasal dari reservoir geotermal, bukan dihasilkan di permukaan oleh boiler seperti pada PLTU. Apabila fluida geotermal yang berasal dari reservoir dan keluar di kepala sumur adalah dua fasa (campuran antara fasa uap dan cair), maka fluida ini harus dipisahkan terlebih dahulu oleh separator. Fraksi uap yang dihasilkan dari separator inilah yang kemudian dialirkan ke turbin. Disamping itu, fluida geotermal yang bekerja sangat tergantung dari karakteristik alamiahnya yang khas, misalnya mengandung gas-gas non-condensable yang relatif tinggi, mengandung komponen yang dapat menyebabkan terbentuknya scaling dan korosi di pipa alir, dan merupakan uap jenuh yang karena proses ekspansi kandungan airnya akan bertambah. Adanya kandungan gas non-condensable menyebabkan naiknya tekanan parsial di dalam kondensor, sehingga gas extraction system memerlukan penanganan yang lebih khusus karena akan mempengaruhi daya listrik yang dihasilkan turbin. Disamping itu, faktor keterbatasan lahan di daerah geotermal yang umumnya berada di daerah suaka alam dan hutan lindung juga menuntut efisiensi pemakaian lahan, terutama dalam hal pembangunan cooling tower.

Selain sebagai pembangkit listrik, di beberapa negara fluida geotermal juga dimanfaatkan untuk sektor non-listrik, antara lain untuk pemanas ruangan (space and district heating), pemanas rumah kaca (greenhouse heating), pemanasan tanah pertanian (soil heating), pengeringan hasil pertanian dan peternakan, pengeringan kayu, kertas, dll. Hingga saat ini Indonesia memanfaatkan energi ini masih sebagai kolam renang, belum dimanfaatkan untuk sektor non-listrik lainnya. Di masa yang akan datang fluida geotermal ini diharapkan dapat digunakan untuk pengeringan teh, kopra, tembakau dan hasil pertanian lainnya, yaitu dengan cara memanfaatkan air limbah geotermal dari PLTP sebelum air tersebut diinjeksikan kembali ke dalam reservoir. Air limbah ini pada dasarnya digunakan untuk memanaskan air lain yang akan digunakan untuk memanaskan udara di ruang pengering; untuk itu diperlukan media pertukaran panas berupa alat penukar kalor.

Setelah tahap perencanaan, tahap selanjutnya adalah tahap pembangunan fasilitas produksi uap dan produksi listrik (sebagai PLTP). Pada tahap ini, PLTP telah beroperasi sehingga kegiatan utama adalah menjaga kelangsungan produksi uap, produksi listrik, dan pendistribusian listrik ke konsumen. Pada tahap ini diperlukan SDM yang dapat diandalkan, antara lain untuk menganalisis perubahan-perubahan yang terjadi di reservoir, sumur produksi, fasilitas produksi, dan memonitor kandungan kimia fluida sumur produksi untuk mendapatkan informasi mengenai penurunan enthalpy fluida, perubahan tingkat pendidihan air, perubahan pH air reservoir, perubahan kedalaman produksi, perubahan potensi scaling, serta memonitor kandungan kimia air injeksi, termasuk reinjection returns.

Tabel 1.1 menunjukkan berbagai ilmu kebumihan yang umumnya diterapkan dalam tahapan eksplorasi geotermal. Sedangkan Tabel 1.2 diperlihatkan ilmu kebumihan dan rekayasa yang diperlukan pada setiap tahapan kegiatan perusahaan geotermal.

Tabel 1.1 Berbagai Ilmu Kebumihan yang Mempelajari Komponen Sistem Geotermal Pada Tahapan Eksplorasi Geotermal

Karakteristik Sistem Geotermal	Komponen Sistem Geotermal			
	Batuan tudung (caprock)	Reservoir	Sumber Panas	Sistem resapan
Geometri	Petrologi Geofisika Geologi Struktur	Petrologi Volkanostratigrafi Geologi Struktur Volkanologi Hidrogeologi Geofisika	Petrologi Volkanologi Geofisika	Hidrogeologi Volkanostratigrafi Geologi Struktur
Properti Kimia dan Fisika	Petrologi Geofisika	Geokimia Hidrogeologi	Petrologi Volkanologi Geofisika	Geokimia Hidrogeologi
Proses terhadap Panas, Fluida, dan Padatan	Petrologi	Hidrogeologi Geokimia	Petrologi Volkanologi	Geokimia Hidrogeologi

Tabel 1.2. Bidang Ilmu Kebumihan dan Rekayasa yang Diperlukan pada Masing-masing Tahapan Kegiatan Pengusahaan Geotermal.

No	Tahap Kegiatan	Keluaran yang Diperoleh	Bidang/Ilmu yang Diperlukan
1	Eksplorasi pendahuluan (Reconnaissance survey)	Peta geologi pendahuluan	Volkanostratigrafi Petrologi Geologi Struktur
		Peta hidrogeologi	Hidrogeologi
		Peta geofisika	Geofisika
		Suhu manifestasi geotermal	Geokimia
		Estimasi suhu bawah permukaan	
		Peta anomali unsur, tipe fluida, sistem geotermal	
		Sistem geotermal	Resume dari semua bidang/kegiatan penyelidikan
Potensi sumberdaya spekulatif/ hipotetis			
2	Eksplorasi lanjut atau rinci	Peta: geologi rinci, zona ubahan, struktur geologi, identifikasi bahaya geologi, korelasi/ penampang batuan, landaian suhu.	Volkanostratigrafi Petrologi Geologi Struktur
		Peta anomali kimia	Geokimia
		Model hidrogeologi	Hidrogeologi
		Peta anomali dan penampang sifat fisik batuan	Geofisika
		Landaian suhu	Pemboran (dangkal) sumur untuk survei landaian suhu
		Model sistem geotermal tentatif	Resume dari semua bidang/kegiatan penyelidikan
		Rekomendasi lokasi pemboran sumur eksplorasi	Resume dari semua bidang/kegiatan penyelidikan
		Potensi cadangan terduga	penyelidikan

No	Tahap Kegiatan	Keluaran yang Diperoleh	Bidang/Ilmu yang Diperlukan
3	Pemboran Eksplorasi & Pra-Studi Kelayakan (Pre-feasibility study)	Perencanaan pemboran: lokasi sumur, target pemboran, geometri sumur, metoda pemboran, peralatan pemboran, desain casing (pipa selubung), fluida pemboran, semen, dan biaya pemboran	Teknik Pemboran
		Sumur eksplorasi	Teknik Pemboran
		Hasil analisa cutting	Teknik Geologi
		Hasil analisa core	Teknik Geologi
		Data hasil pengukuran pada waktu pemboran: landaian tekanan dan temperatur lumpur/fluida pemboran, perubahan kandungan klorida di dalam lumpur/fluida pemboran, dan kedalaman zona loss	Teknik Pemboran
		Penyelesaian sumur: rangkaian valve dan pipa di kepala sumur, dan fasilitas pengujian sumur	Teknik Produksi
		Data hasil uji sumur: water loss test, gross permeability test, heating measurement, discharge (output) test, transient test	Teknik Produksi
		Karakterisasi reservoir dari data sumur: kedalaman zone rekahan (feed zone), tekanan dan temperatur bawah permukaan, jenis dan sifat fluida reservoir, jenis reservoir (jenis sistem geotermal), ketebalan zona temperatur (tinggi, sedang dan rendah), dan sifat batuan reservoir	Teknik Reservoir
		Potensi sumur: laju produksi, enthalpy fluida, fraksi uap pada berbagai tekanan kepala sumur	Teknik Produksi
		Jenis dan sifat fluida produksi	Teknik Produksi Geokimia
		Model geologi bawah permukaan, zona ubahan, sifat fisik dan kimia sumur	Volkanostratigrafi Petrologi Geologi Struktur Geokimia Geofisika
		Model sistem geotermal awal (konseptual)	Volkanostratigrafi Petrologi Geologi Struktur Hidrogeologi Geokimia Geofisika Teknik Reservoir
		Integrated reservoir analysis: luas, jenis, ketebalan, tekanan dan temperatur reservoir, sifat batuan reservoir, dan potensi cadangan mungkin	Resume dari semua bidang/kegiatan penyelidikan
		Alternatif-alternatif pemanfaatan	Utilisasi Geotermal
Rencana pengembangan untuk masing-masing alternatif: sumur produksi, injeksi, sumur make up, fasilitas produksi, fasilitas PLTP, dan jadwal pelaksanaan pekerjaan	Teknik Produksi Utilisasi Geotermal		

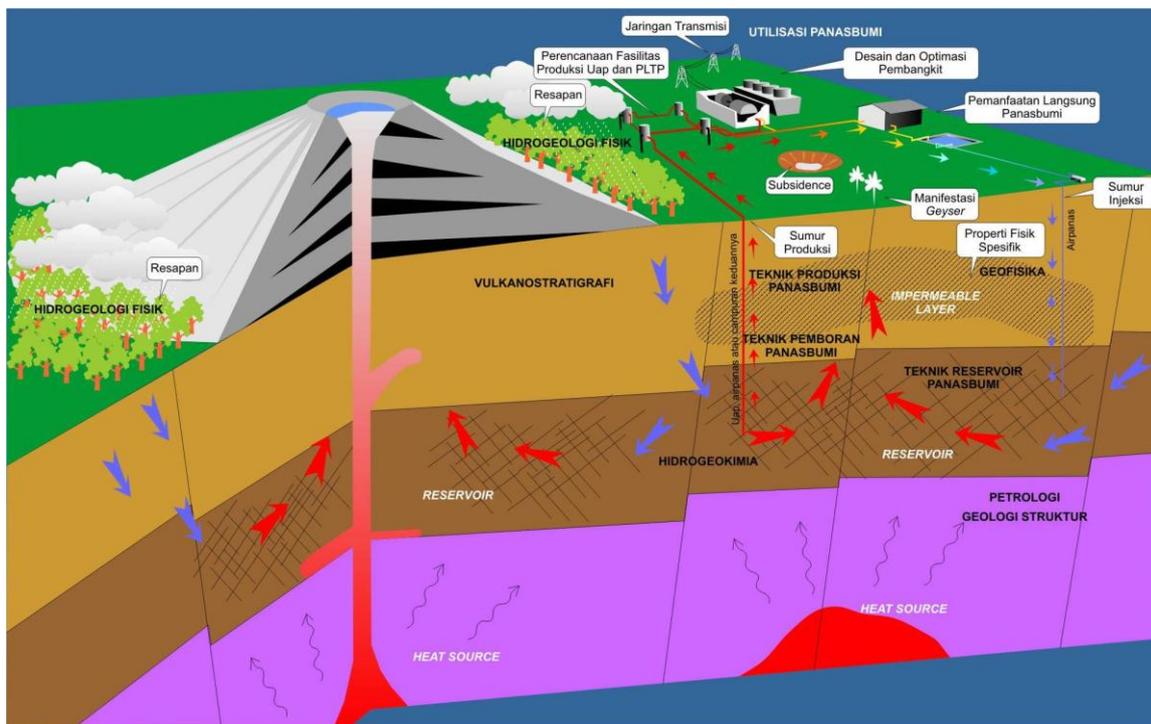
No	Tahap Kegiatan	Keluaran yang Diperoleh	Bidang/Ilmu yang Diperlukan
		Estimasi biaya untuk masing-masing alternatif dan penyebaran investasi: biaya sumur pengembangan, biaya fasilitas produksi, biaya PLTP, serta biaya operasi dan perawatan	Keekonomian
		Estimasi harga listrik dan parameter-parameter ekonomi (cash flow, ROR, NPV, EMV, dll)	Keekonomian
		Hasil penilaian pra kelayakan teknis dan ekonomis dan rekomendasi	Teknik Reservoir Teknik Produksi Keekonomian
5	Pemboran Delineasi dan Studi Kelayakan (Feasibility study) [Pada prinsipnya sama seperti tahap 3, tapi di beberapa lapangan pada tahap ini mulai dilakukan pemodelan sumur dan pemodelan reservoir]	Perencanaan pemboran: lokasi sumur, target pemboran, geometri sumur, metoda pemboran, peralatan pemboran, desain casing (pipa selubung), fluida pemboran, semen, dan biaya pemboran	Teknik Pemboran
		Sumur eksplorasi	Teknik Pemboran
		Hasil analisa cutting	Geologi
		Hasil analisa core	Geologi
		Data hasil pengukuran pada waktu pemboran: landaian tekanan dan temperatur lumpur/fluida pemboran, perubahan kandungan klorida di dalam lumpur/fluida pemboran, dan kedalaman zona loss	Teknik Pemboran
		Penyelesaian sumur: rangkaian valve dan pipa di kepala sumur, dan fasilitas pengujian sumur	Teknik Produksi
		Data hasil uji sumur: water loss test, gross permeability test, heating measurement, discharge (output) test, transient test	Teknik Produksi
		Karakterisasi reservoir dari data sumur: kedalaman zone rekahan (feed zone), tekanan dan temperatur bawah permukaan, jenis dan sifat fluida reservoir, jenis reservoir (jenis sistem geotermal), ketebalan zona temperatur (tinggi, sedang dan rendah), dan sifat batuan reservoir	Teknik Reservoir
		Potensi sumur: laju produksi, enthalpy fluida, fraksi uap pada berbagai tekanan kepala sumur	Teknik Produksi
		Jenis dan sifat fluida produksi	Teknik Produksi Geokimia
		Model geologi bawah permukaan, zona ubahan, sifat fisik dan kimia sumur	Volkanostratigrafi Petrologi Geologi Struktur Geokimia Geofisika
		Model sistem geotermal awal (konseptual)	Volkanostratigrafi Petrologi Geologi Struktur Hidrogeologi Geokimia Geofisika Teknik Reservoir

No	Tahap Kegiatan	Keluaran yang Diperoleh	Bidang/Ilmu yang Diperlukan
		Integrated reservoir analysis: luas, jenis, ketebalan, tekanan dan temperatur reservoir, sifat batuan reservoir, dan potensi cadangan mungkin	Resume dari semua bidang/kegiatan penyelidikan
		Alternatif-alternatif pemanfaatan	Utilisasi Geotermal
		Prediksi kinerja sumur	Pemodelan Aliran di Sumur
		Prediksi kinerja reservoir (prediksi kemampuan produksi selama masa operasi PLTP)	Pemodelan reservoir
		Rencana pengembangan untuk masing-masing alternatif: sumur produksi, injeksi, sumur make up, fasilitas produksi, fasilitas PLTP, dan jadwal pelaksanaan pekerjaan	Teknik Produksi Utilisasi Geotermal
		Estimasi biaya untuk masing-masing alternatif dan penyebaran investasi: biaya sumur pengembangan, biaya fasilitas produksi, biaya PLTP, dan biaya operasi dan perawatan.	Keekonomian
		Harga listrik dan parameter-parameter ekonomi (cash flow, ROR, NPV, EMV, dll)	Keekonomian
		Hasil penilaian pra kelayakan teknis dan ekonomis dan rekomendasi	Teknik Reservoir Teknik Produksi Keekonomian
5	Perencanaan	Strategi pengembangan lapangan	Pemodelan reservoir
		Fasilitas produksi uap: sumur produksi, make up dan injeksi, sistem kompleksi sumur, rangkaian valve dan alat ukur di kepala sumur, sistem separasi air-uap, dan sistem perpipaan (route dan ukuran pipa, insulator, condensate traps, support, loops)	Teknik Produksi Pemodelan Aliran di Sumur dan Pipa
		Reinjeksi air	Teknik Reservoir Pemodelan Reservoir
		Desain fasilitas pembangkit (turbin, generator, sistem pendingin, sistem ekstraksi gas non-condensable, instrumentasi dan kontrol): dimensi, kondisi operasi, penempatan dalam PLTP, dan alternatif pemakaian lainnya	Perpindahan Panas dan Masa Utilisasi Geotermal Desain dan Optimasi Pembangkit
		Optimasi pembangkit listrik	Perpindahan Panas dan Masa Utilisasi Geotermal Desain & Optimasi PLTP
6	Produksi	Optimasi produksi dan injeksi	Teknik Produksi
7	Monitoring dan Konservasi	Kinerja sumur	Pemodelan Aliran di Sumur dan Pipa
		Kinerja reservoir	Pemodelan Reservoir
		Korosi dan scaling	Geokimia
		Subsidence	Geologi
		Kinerja PLTP	Perpindahan Panas dan Masa Utilisasi Geotermal
8	Perluasan/Pengembang-an	Geoscientific investigation	Geoscience dan Rekayasa

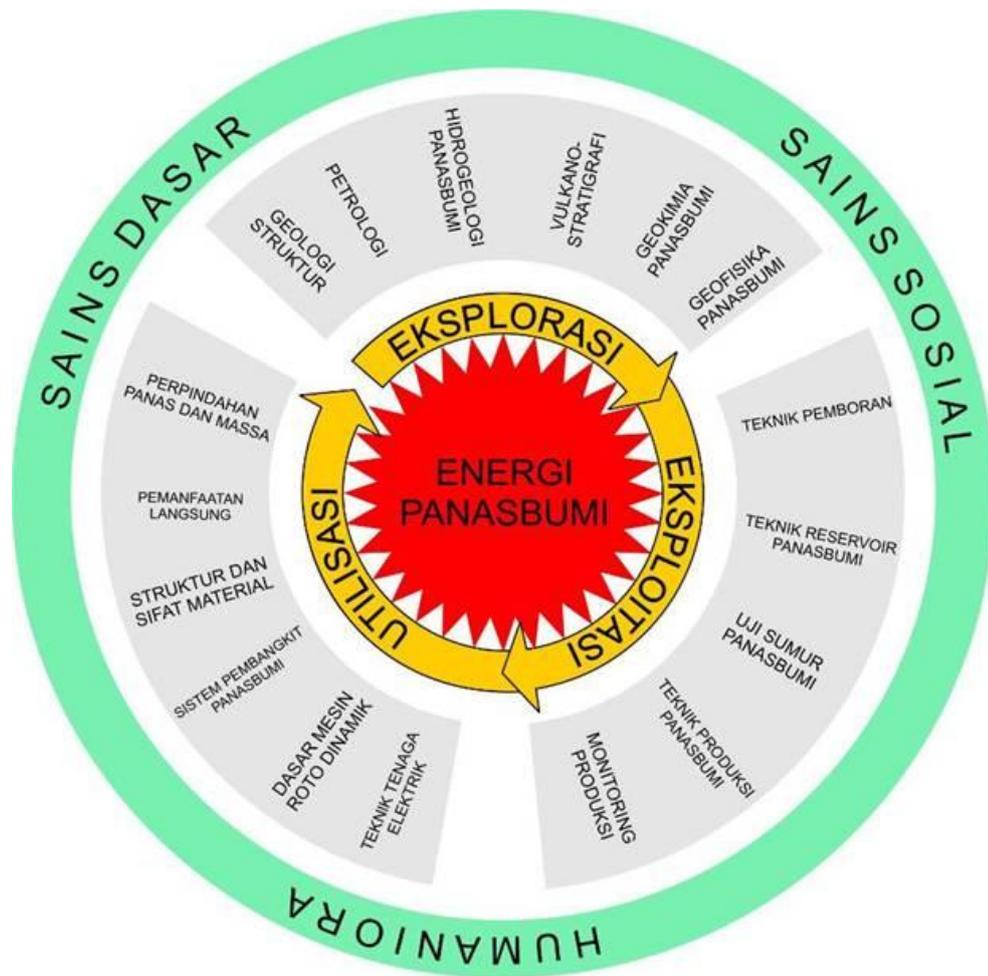
No	Tahap Kegiatan	Keluaran yang Diperoleh	Bidang/Ilmu yang Diperlukan
	Lapangan	Integrated reservoir analysis: luas, jenis, ketebalan, tekanan dan temperatur reservoir, sifat batuan reservoir, dan potensi cadangan	Geoscience dan Rekayasa

Sistem geotermal dan bidang ilmu yang dibutuhkan untuk mempelajarinya serta memanfaatkan energi yang terkandung didalamnya diilustrasikan pada Gambar 1.3.

Sebagai kesimpulan, *Body of Knowledge* Program Studi Teknik Panas Bumi dapat dilihat pada Gambar 1.4.



Gambar 1.3. Sistem Geotermal dan Bidang Ilmu yang Dibutuhkan untuk Mempelajarinya serta Memanfaatkan Energi yang Terkandung Didalamnya



Gambar 1.4 Body of Knowledge Program Studi Magister “Teknik Panas Bumi”

Deskripsi Body of Knowledge:

Program Studi Magister “Teknik Panas Bumi” menyelenggarakan program pendidikan geotermal terpadu mulai dari eksplorasi, penilaian kelayakan, pengembangan lapangan uap (eksploitasi) hingga pemanfaatan (utilisasi) energi geotermal, baik untuk sektor listrik, maupun untuk pemanfaatan langsung (non-listrik) untuk menghasilkan lulusan yang dapat memenuhi kebutuhan dan tuntutan industri geotermal dan lembaga atau institusi pemerintah, pusat maupun daerah.

Program Studi Magister “Teknik Panas Bumi” berorientasi pada penguasaan dan pengembangan ilmu dan teknologi. Jenjang Magister Geotermal dibagi dalam dua bidang/jalur pilihan, yaitu Eksplorasi dan Rekayasa, Eksplorasi Geotermal meliputi bidang geologi, geofisika dan geokimia yang digunakan untuk survei/eksplorasi dan pengembangan lapangan geotermal. Bidang Rekayasa meliputi teknik eksploitasi dan utilisasi geotermal, yaitu teknik pemboran, teknik reservoir, teknik produksi, teknik konversi listrik (pembangkit listrik) dan pemanfaatan langsung fluida geotermal. Untuk kedua bidang tersebut, bidang keahlian ditambah dengan: analisis lingkungan, manajemen dan ekonomi, analisis kelayakan/evaluasi prospek geotermal dan metodologi penelitian.

1.2 Tantangan yang Dihadapi

Tantangan yang akan dihadapi bidang ilmu, keahlian atau profesi yang terkait dengan prodi dalam rentang waktu sekitar 10 tahun ke depan:

1. Potensi energi geotermal Indonesia sangat besar dan sangat potensial untuk digunakan sebagai pembangkit listrik. Badan Geologi - Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (Sukhyar, 2013) pada bulan Desember 2012 mengidentifikasi adanya 299 lokasi geotermal yang tersebar diseluruh kepulauan Indonesia dengan potensi sebesar 28.835 MWeMW (Tabel 1.3), terdiri dari sumberdaya (*resources*) sebesar 12353 MW dan cadangan (*reserve*) sebesar 16482 MW (Sukhyar, 2013). Hingga saat ini pemanfaatan energi geotermal masih sangat rendah, baru sekitar 1300 MWe. Pemanfaatan energi geotermal akan ditingkatkan untuk memenuhi sebagian kebutuhan listrik di Indonesia yang terus meningkat.

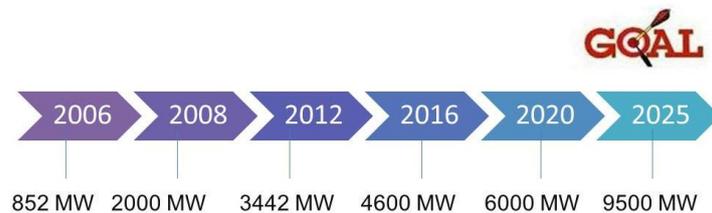
Tabel 1.3 Potensi Energi Geotermal Indonesia 2012 (Sukhyar R, 2013)

Pulau	Sumber Daya		Cadangan			Terpasang (MWe)
	Spekulatif (MWe)	Hipotetis (MWe)	Terduga (MWe)	Mungkin (MWe)	Terbukti (MWe)	
Sumatra	3314	2389	6897	15	380	122
Jawa	1710	1826	3708	658	1815	1134
Bali & Nusa Tenggara	360	417	1013	-	15	
Kalimantan	145	-	-	-	-	
Sulawesi	1323	152	1324	150	78	80
Maluku	545	97	429	-	-	
Papua	75	-	-	-	-	
Total Lokasi 299	7472	4881	13371	823	2288	1336
	12353		16482			
	28835					

2. UU 27/2003 tentang Geotermal mengamankan kemandirian di bidang geotermal. ITB dapat berkontribusi positif dalam penyediaan tenaga ahli di bidang geotermal serta meningkatkan kemampuan penguasaan teknologi. Dalam undang-undang dinyatakan bahwa geotermal mempunyai peranan yang penting dan perlu ditingkatkan pemanfaatannya karena:
 - a) Pemanfaatan geotermal relatif ramah lingkungan, karena tidak memberikan kontribusi gas rumah kaca, sehingga perlu didorong dan dipacu perwujudannya;
 - b) Pemanfaatan geotermal akan mengurangi ketergantungan terhadap bahan bakar minyak sehingga dapat menghemat cadangan minyak bumi;
3. Dalam Blue Print Pengelolaan Energi Nasional 2005 – 2025, Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral, Pemerintah merencanakan:
 - a. Meningkatkan pemanfaatan energi geotermal di Indonesia secara bertahap, dari 807 MWe (tahun 2005) hingga 9500 MWe pada tahun 2025, untuk memenuhi sebagian kebutuhan listrik di Indonesia. Pemanfaatan energi geotermal di Indonesia akan terus berlanjut mengingat Indonesia memiliki energi geotermal dengan potensi listrik 27000 MWe;
 - b. Menjadikan Indonesia sebagai center of excellence geotermal di dunia;
 - c. Menjadikan lembaga pendidikan tinggi sebagai sarana peningkatan kompetensi SDM geotermal.
4. Masih ada beberapa kendala dalam pemanfaatan sumber daya geotermal di Indonesia, sehingga target yang telah ditetapkan Pemerintah tidak tercapai dan menyebabkan road map pengembangan geotermal

telah beberapa kali direvisi. Melalui Perpres No. 4 Tahun 2010 telah mengeluarkan kebijakan tentang Percepatan Pembangunan Pembangkit Listrik dari Energi Terbarukan, Batubara dan Gas. Proyek pengembangan PLTP dengan kapasitas 4925 MW sebagaimana tercantum dalam Permen ESDM No. 1 Tahun 2012 menjadi bagian dari proyek percepatan tersebut. Ini berarti akan meningkatkan kapasitas PLTP menjadi empat kali lipat dari kapasitas saat ini.

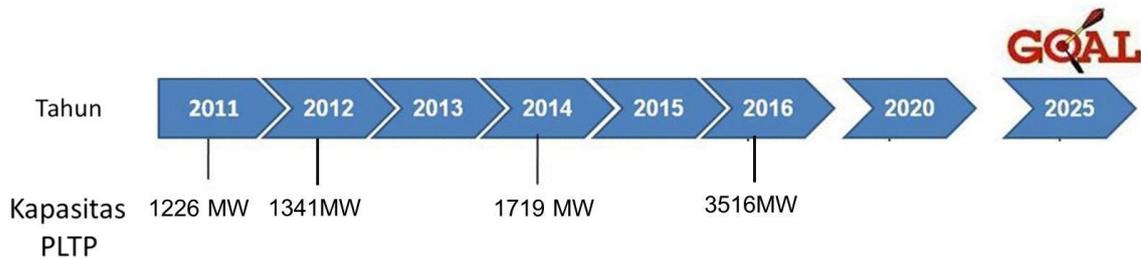
5. Target pengembangan geotermal yang ditetapkan pemerintah sangat tinggi. Pemerintah menetapkan roadmap hingga tahun dan pada tahun 2025 (Keputusan Presiden No. 5/2006) sebagai berikut:



Gambar 1.4 Roadmap Geotermal Indonesia Hingga Tahun 2025

Berdasarkan 2025 Keputusan Presiden No. 5/2006 (Yunus Saifulhak, Direktorat EBTKE ESDM, 2013)

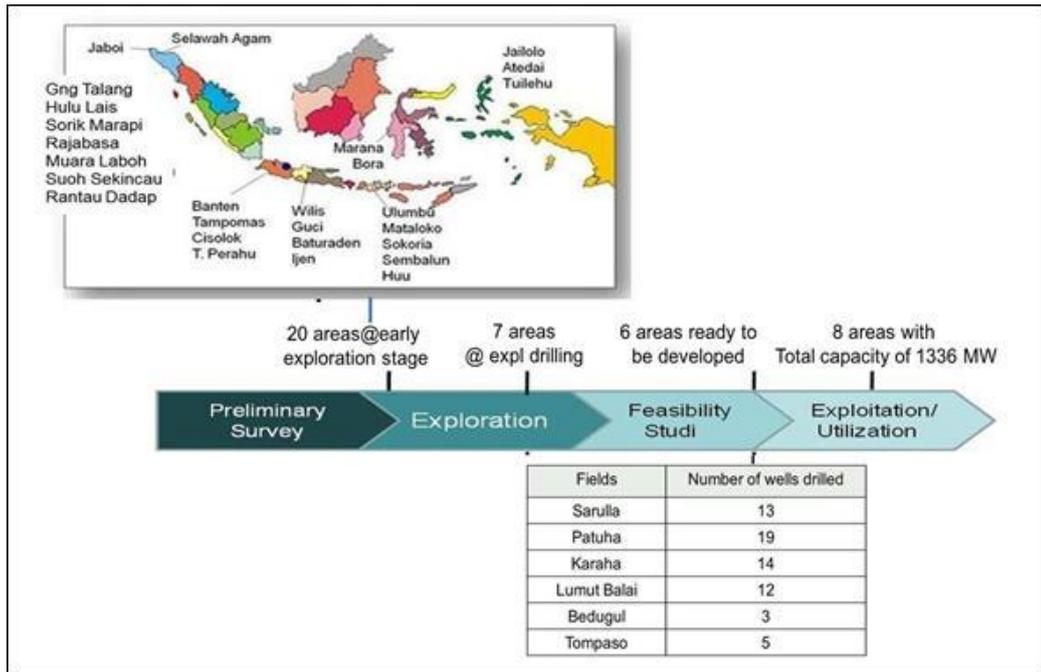
Roadmap tersebut telah direvisi beberapa kali karena banyak proyek panas bumi terlambat pelaksanaannya, disebabkan berbagai kendala, antara lain terkait harga, tumpang tindih lahan, perubahan kebijakan pemerintah, sehingga target yang telah ditetapkan tidak tercapai. Pada Gambar 1.6 diperlihatkan program pengembangan geotermal hingga tahun 2015 (Yunus Saifulhak, Direktorat EBTKE ESDM, 2013)



Gambar 1.5 Prediksi program pengembangan geotermal hingga tahun 2015

(Dirangkum dari Yunus Saifulhak, Direktorat EBTKE ESDM, 2013)

6. Untuk mencapai target yang telah ditetapkan, ada 6 area geotermal yang statusnya siap dikembangkan dan sekitar 30 area geotermal yang siap/ sedang/ akan dieksplorasi (existing WKP) Lokasi area geotermal tersebut diperlihatkan pada Gambar 1.6.
7. Disamping itu untuk mencapai target yang telah ditetapkan, ada 13 area (WKP) baru yang akan dilelang oleh Pemerintah, antara lain Gn. Talang (Sumatera Barat), Songa Wayana (Maluku Utara), Danau Ranau (Lampung dan Sumatera Selatan), Mataloko (NTT), Gn. Endut (Banten) dll. ((Yunus Saifulhak, Direktorat EBTKE ESDM, 2013)



Gambar 1.6 Status Pengusahaan Geotermal di Indonesia, dirangkum dari Surya Drama (2010), Sukhyar (2013), Abadi Poernomo (2013)

8. Untuk mendukung kegiatan pengusahaan geotermal di Indonesia, yaitu kegiatan survey pendahuluan (preliminary survey), eksplorasi, studi kelayakan (feasibility study), eksploitasi dan pemanfaatan geotermal, dibutuhkan SDM geotermal yang memiliki pengetahuan tentang sistem geotermal dan keahlian dalam eksplorasi geologi, geokimia dan geofisika (geoscience), serta keahlian dalam penilaian kelayakan, eksploitasi (teknik reservoir, pemboran dan produksi), dan pemanfaatan (utilisasi) energi geotermal, baik untuk sektor listrik, maupun untuk pemanfaatan langsung (non-listrik)”. Gambar 1.7 memperlihatkan bidang keahlian yang dibutuhkan untuk mendukung kegiatan pengusahaan geotermal di sebuah lapangan.



Gambar 1. 7 Bidang keahlian yang dibutuhkan untuk mendukung kegiatan pengusahaan geotermal di sebuah lapangan geotermal

Beberapa ahli geotermal, antara lain Freeston D.H dan Bolton R.S. (1993), dan Ibrahim. R.F, Fauzi A., Suryadarma (2005), memperkirakan dibutuhkan 30-50 tenaga ahli pertahun untuk pengembangan proyek-proyek geotermal sebesar 1000 MW. Jumlah tenaga ahli/tenaga kerja diperkirakan meningkat secara bertahap untuk melakukan eksplorasi di 163 area prospek geotermal yang saat ini belum di eksplorasi. Perkiraan kebutuhan tenaga ahli geotermal tersebut juga belum memperhitungkan kebutuhan tenaga ahli yang tidak terlibat secara langsung dalam proyek geotermal, seperti perusahaan penyedia jasa (service company) dan lembaga pemerintah baik di pusat maupun di daerah.

1.3 Akreditasi atau Standar Kurikulum Acuan

Kurikulum Program Studi Magister Teknik Panas Bumi 2008-2013 disusun mengacu pada kurikulum dari *Post Graduate Diploma in Geothermal Energy Technology* yang diselenggarakan di *Geothermal Institute-University of Auckland (UoA)* sejak tahun 1978 dan program magister di Jurusan Geologi UOA, untuk jalur pilihan eksplorasi geotermal, dan program magister di *Engineering School UoA* untuk jalur pilihan rekayasa. Pada akhir tahun 2002, *Geothermal Institute – University of Auckland*, dihentikan kegiatannya (Hochstein, 2005), namun demikian mengingat pada saat pendirian Program Studi, tidak ada perguruan tinggi lain yang memiliki program pendidikan magister di bidang geotermal, maka kurikulum University of Auckland digunakan sebagai kurikulum acuan. Kurikulum terdiri dari dua, yaitu untuk jalur pilihan eksplorasi dan jalur pilihan rekayasa.

Kurikulum jalur pilihan eksplorasi geotermal di UOA adalah sebagai berikut:

1. Geothermal Energy System
2. Geothermal Energy Technology
3. Geothermal Exploration
4. Geothermal Project
5. Mata kuliah pilihan (dua mata kuliah pilihan):
 - a. *Geothermal Geology* dan *Geothermal Geophysiscs*
 - b. *Geothermal Geology* dan *Geothermal Geochemistry*
6. Thesis

Silabus dari masing-masing mata kuliah diberikan pada Tabel 1.4.

Tabel 1.4 Kurikulum Program Magister Jalur Pilihan Eksplorasi Geotermal di University of Auckland

No	Matakuliah Pilihan	Silabus
1	<i>Geothermal Energy System</i>	<i>Basic facts about geothermal systems, their classification and characteristics. Concept of geothermal exploration and technology. Assessment of geothermal resources and their potential. Summary of the present state of geothermal technology. Conceptual models, legal and environmental aspects.</i>
2	<i>Geothermal Energy Technology</i>	<i>Prefeasibility and feasibility studies, exploration and development planning, economics of geothermal developments. Seminars (overseas developments), field trip and field studies (low and high temperature systems in New Zealand). Prefeasibility study of a selected NZ prospect</i>
3	<i>Geothermal Exploration</i>	<i>Geology : Mapping and alteration of reservoir rocks; photogeology and mapping of discharge features. Geophysics : Physical rock properties, principles of gravity, magnetic, electric, seismic and temperature methods used for geothermal exploration. Geochemistry : Chemistry of geothermal fluids, aqueous geothermometers, boiling and mixing effect.</i>

No	Matakuliah Pilihan	Silabus
3	<i>Geothermal Geology</i>	<i>Interpretation of droll logs, stratigraphic sections, cuttings and cores, thin sections, assessment of reservoir characteristics, clay mineralogy, thermal alteration, petrological assessments, recognition of hazards, changes in reservoirs.</i>
4	<i>Geothermal Geophysiscs</i>	<i>Interpretation of resistivity surveys (DC, EM, MT), interpretation of gravity and magnetic surveys, interpretation of micro-earthquake studies and routine seismic surveys; assessment of geophysical drillhole logging methods; monitoring methods.</i>
5	<i>Geothermal Geochemistry</i>	<i>Interpretation of chemical and isotope data of geothermal liquids and gases, fluid-mineral equilibrium, production chemistry, environmental chemistry.</i>
6	<i>Geothermal Project</i>	<i>Preparatory studies, review of statistical methods, introduction to literature search, assignments for spreadsheet and graphic programs. Investigation of a practical project related to aspect of geothermal exploration (earth scientist) or geothermal technology (engineering).</i>
7	<i>Thesis</i>	

Adapun kurikulum jalur pilihan rekayasa adalah sebagai berikut:

1. Geothermal System & Technology
2. Geothermal Production Technology
3. Geothermal Energy Utilisation
4. Project
5. Geothermal Modelling
6. Geothermal Mass and Heat Transfer
7. Mata kuliah pilihan
8. Thesis

Silabus dari masing-masing mata kuliah diberikan pada Tabel 1.5.

Tabel 1.5 Kurikulum Program Magister Jalur Pilihan Rekayasa Geotermal di University of Auckland

No.	Nama Mata Kuliah	Silabus
1	<i>Geothermal System & Technology</i>	<i>Scope of geothermal projects, Features of geothermal system, Properties of geothermal fluids, Introduction to geothermal exploration, production and utilisation technology, reservoir engineering, economics, environmental and legal aspects.</i>
2	<i>Geothermal Production Technology</i>	<i>Drilling technology and completion tests, fluid transmission, thermodynamics & fluid mechanics of geothermal fluids, well operation and analysis, reservoir modelling and assessment, corosion and deposistion, materials.</i>
3	<i>Geothermal Energy Utilisation</i>	<i>Applied thermodynamics, industrial, agricultural and domestic use of heat, process heat. Power cycles and electricity generation. Waste disposal, land erosion, subsidence, environmental effects and reporting, tourist development, wilderness protection, development planning & costing.</i>

No.	Nama Mata Kuliah	Silabus
4	<i>Project</i>	<i>A written project on some aspect of geothermal energy including some degree of original research by the candidate.</i>
5	<i>Geothermal Modelling</i>	<i>A study of mathematical methods currently used in geothermal reservoir engineering, and an introduction to the computer modelling of geothermal flows.</i>
6	<i>Geothermal Mass and Heat Transfer</i>	<i>The application of the principles of heat and mass transfer to geothermal energy technology. Topics include transmission of geothermal fluids within the reservoir and through pipe networks; heat exchangers, condensers, waste heat rejection, economic consideration.</i>
7	<i>Thesis</i>	

Sejak beberapa tahun yang lalu, kegiatan pendidikan *Geothermal Institute-University of Auckland* dimulai kembali, namun sifatnya bukan program akademik, tapi program pelatihan 6 (enam) bulan bersertifikat (*PGCertGeothermTech-UoA*) yang pelaksanaannya dilakukan oleh *the Institute of Earth Science and Engineering/IESE*, (*Newson et al. 2010* dan *website: http://www.iese.co.nz/*). Sekitar 2-3 tahun yang lalu *Faculty of Engineering UoA* membuka program *Master of Energy* dengan mata kuliah pilihan untuk geothermal adalah sebagai berikut:

- GEOTHERM 601 - Geothermal Resources and Their Use
- GEOTHERM 602 - Geothermal Energy Technology
- GEOTHERM 603 – Geothermal Exploration (this requires enrolment in GEOTHERM 601 and 602)
- GEOTHERM 620 – Geothermal Engineering (this requires enrolment in GEOTHERM 601 and 602)
- GEOLOGY 703 – Geothermal Geology

Silabus dari mata kuliah diberikan pada Tabel 1.6.

Tabel 1.6 Silabus program training “PGCertGeothermTech-UoA”

No.	Topics	Silabus
1	<i>Geotherm 601 Geothermal Resources and Their Use (15 poin)</i>	<i>Worldwide occurrence of geothermal systems, Introductory geology volcanology, NZ geothermal systems and the Taupo Volcanic Zone, Hydrothermal alteration, Permeability and porosity, Introduction to Geochemistry of Geothermal systems, Geothermal surface manifestations, Overview of geophysics for geothermal exploration, Geothermal resource development.</i>
2	<i>Geotherm 602 Geothermal Energy Technology (15 poin)</i>	<i>Worldwide geothermal development, Types of geothermal systems, Thermodynamics Properties of water and steam tables, Heat transfer, Fluid mechanics, Steamfield equipment, Geothermal power stations, Geothermal drilling, Wellbore processes, completion tests, downhole measurements, Reinjection, Stored heat, Darcy's law, geothermal reservoirs, Direct use (introduction), Reservoir modelling, Reservoir monitoring and field management</i>

No.	Topics	Silabus
3	<i>Geotherm 603 Geothermal Geoscience (15 poin)</i>	<i>Hydrothermal alteration, Fluid inclusions and sinters, Direct use, Subsidence, Scaling and corrosion in geothermal wells, Production geochemistry, Environmental aspects of geothermal development, Geothermal Geophysics, Feasibility study.</i>
4	<i>Geotherm 620 Geothermal Engineering (15 poin)</i>	<i>Completion tests, Wellbore flow, Two-phase flow, Geothermal power cycles, Flow measurements, Direct use of Geothermal Energy, Environmental effects, Scaling and corrosion in geothermal wells, Subsidence, Heat exchangers, Geothermal well-test analysis, Stimulation, Pipeline design, Feasibility study, Reservoir modelling theory, MULGRAPH and TOUGH2, Reservoir modelling process, Case study; Data processing and conceptual model, Wairakei model, Natural state modelling.</i>
5	<i>Geotherm 689 (15 poin)</i>	<i>This is an individual project based on a study using field, laboratory, or theoretical methods. Students are required to submit a report on some aspects of geothermal exploration or production</i>

Mulai tahun 2013 ini, ITB–UoA-PERTAMINA melakukan kerjasama dalam bidang pendidikan geotermal. Program tersebut merupakan suatu program bersama (gabungan), yaitu program pendidikan master dan sertifikat dalam bidang geotermal yang diselenggarakan untuk 20 orang pegawai PT Pertamina Geothermal Energy (PT PGE). Program ini diberi nama “*A Joint Program leading to the award of UoA Post Graduate Certificate in Geothermal Energy Technology and ITB Master Degree in Geothermal Engineering*”. Kurikulum diperlihatkan pada Tabel 1.7. Silabus program training “PGCertGeothermTech-UoA” pada Tabel 1.6. Kurikulum program magister dari ITB adalah kurikulum jalur pilihan eksplorasi dengan mata kuliah pilihan ditetapkan bidang teknik reservoir, sehingga secara keseluruhan program berfokus kepada “*Subsurface Engineering*”.

Salah satu persyaratan yang ditetapkan PERTAMINA kepada para pegawai untuk mengikuti “*A Joint Program leading to the award of UoA Post Graduate Certificate in Geothermal Energy Technology and ITB Master Degree in Geothermal Engineering*” adalah memiliki nilai IELTS minimum 5.5 atau setara nilai TOEFL minimum 525, namun karena belum memenuhi kriteria persyaratan masuk yang ditetapkan University of Auckland, yaitu IELTS minimum 6.5 atau setara nilai TOEFL minimum 570, maka kepada peserta diberikan kursus intensif bahasa Inggris selama 5 (lima) bulan. Kursus ini diselenggarakan di Jakarta dengan pengajar dari University of Auckland. Mempertimbangkan sebagian peserta tidak memiliki latar belakang pendidikan Geologi/Geofisika/Geokimia, maka kepada peserta juga diberikan *bridging course* bidang ilmu kebumihanselatan selama 2 (dua) bulan dengan pengajar dari ITB.

Tabel 1.7 Kurikulum “A Joint Program leading to the award of UoA Post Graduate Certificate in Geothermal Energy Technology and ITB Master Degree in Geothermal Engineering”.

2013																																															
Jan				Feb				Mar				Apr				May				June				July				Aug				Sept				Oct				Nov				Des			
1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
English course - Uniservices UoA																1. Geotherm 601 Geothermal Resources and Their Use (15 points, 6 weeks) - UoA 2. Geotherm 602 Geothermal Energy Technology (15 points, 6 weeks) - UoA 3. Geology Exploration for Geothermal (3 credits, 5 weeks) - ITB 4. Special Topic (Engineering Geothermal) (2 credits, 4 weeks) - ITB 5. Analysis of Geothermal Environment (2 credits, 4 weeks) - ITB																															
Bridging course: Basic Geology, Basic Engineering, System & Technology of Geothermal (7 weeks) - ITB or PLC								1. Geothermal System and Technology (3 credits, 5 weeks) - ITB 2. Economy and Business of Geothermal (2 credits, 4 weeks) - ITB																																							

2014																																															
Jan				Feb				Mar				Apr				May				June				July				Aug				Sept				Oct				Nov				Des			
1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
6. Geochemistry Exploration for Geothermal (3 credits, 5 weeks) - ITB 7. Geophysical Exploration for Geothermal (3 credits, 5 weeks) - ITB 8. Geothermal Reservoir Simulation (2 credits, 4 weeks) - ITB												9. Hydrothermal Alteration (2 credits, 4 weeks) - ITB 10. Geoscience Geothermal Technology Advance (2 credits, 4 weeks) - ITB 11. Metodologi Penelitian (3 credits, 5 weeks) - ITB												3. Geotherm 620 Geothermal Engineering (15 points, 8 weeks) - UoA 4. Geotherm 689 Geothermal Project (15 points, 8 weeks) - UoA								12. Evaluation of Geothermal Prospect (3 credits, 5 weeks) - ITB															

2015																																															
Jan				Feb				Mar				Apr				May				June				July				Aug				Sept				Oct				Nov				Des			
1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
13. Tesis (6 credits) - ITB																Graduation																															

Pada saat ini perguruan tinggi lain yang menawarkan program master (S2) dalam bidang geotermal adalah *University of Iceland*. Program master (S2) dalam bidang geotermal di *University of Iceland* dilaksanakan bekerja sama dengan UNU-GTP yaitu *United Nation University-Geothermal Training Program*. Program training geothermal yang dilaksanakan UNU merupakan program training 6 (enam) bulan yang telah dilaksanakan sejak tahun 1979. Topik meliputi *geological exploration, borehole geology, geophysical exploration, reservoir engineering, chemistry of fluids, environmental studies, geothermal utilization dan drilling technology* (Tabel 1.8 dan Tabel 1.9). Hanya peserta yang berhasil menyelesaikan training dengan baik yang dapat melanjutkan ke program magister dalam bidang geotermal di *University of Iceland*. Untuk dapat dinyatakan lulus, mahasiswa harus lulus 120 ECTS kredit (ECTS adalah European Credit Transfer Scheme). Ada dua opsi. Opsi pertama adalah mahasiswa mengambil mata kuliah (courses) dengan jumlah kredit total 90 ECTS kredit dan mengerjakan proyek dengan beban kredit 30 ECTS kredit. Opsi kedua adalah mahasiswa mengambil mata kuliah (courses) dengan jumlah kredit total 60 ECTS kredit dan mengerjakan proyek dengan beban kredit 60 ECTS kredit Program training 6 bulan yang dilaksanakan oleh UNU-GTP diakui dan disetarakan dengan 30 ECTS kredit. Lama waktu pendidikan adalah 2 (dua) tahun, yaitu 6 bulan di UNU-GTP dan 1½ tahun di *University of Iceland*. Lulusan akan memperoleh gelar *MSc degree in Science and Engineering* dari the *University of Iceland*.

Oleh karena persyaratan peserta training UNU-GTP adalah peserta telah bekerja 2 tahun di di industri geothermal, maka program ini tidak dapat diikuti oleh Sarjana S1 yang baru lulus/belum bekerja. Sejak program master (S2) dalam bidang geotermal dibuka di *University of Iceland*, program ini hingga tahun 2010 telah menghasilkan 20 lulusan (*Ingvar Birgir Fridleifsson, 2010*). Sementara program studi magister Teknik Panas Bumi ITB yang didirikan pada tahun 2008, hingga saat ini juga telah menghasilkan 24 orang lulusan.

Tabel 1.8 Program Training UNU-GTP, Iceland (*Ingvar Birgir Fridleifsson, 2010*)

Week	Geological Exploration	Borehole Geology	Geophysical Exploration	Borehole Geophysics	Reservoir Engineering	Environmental Studies	Chemistry of Thermal Fluids	Geothermal Utilization	Drilling Technology
1 2 3 4 5	Lecture course on all main aspects of geothermal energy exploration and utilization, practicals and short field excursions								
6 7 8 9 10	Field geology Maps and photos Structure analysis Hydrogeology	Drilling Petrological logging Alteration Mineralogy	Resistivity methods Thermal methods Magnetics Gravity	Course on well logging and reservoir engineering including: Logging and well testing practises Reservoir physics Tracer tests Computer programs		EIA Project planning Chemistry Physics Biology Monitoring Revegetation Health and safety	Sampling of fluids and gas Scaling and corrosion Analytical methods Thermodynamics Geothermometers	Heat transfer and fluid flow Control systems	Drilling equipment Drilling procedures Well design Safety Management Rig operations
11 12	Excursion to the main geothermal fields of Iceland								
13 14	Field work in deeply eroded strata	Aquifers Modelling	Data processing techniques	Logging methods Data evaluation	Responses to exploitation	Gas dispersion and abatement	Water rock interaction	Design of plants and systems	Cementing Completion
15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26	Project and report	Project and report	Project and report	Project and report	Project and report	Project and report	Project and report	Project and report	Project and report

Tabel 1.9 Silabus Program Training UNU-GTP, Iceland

No.	Topics	Silabus
1	<i>Geological exploration</i>	<i>Geological exploration offers practical training in basic geological and geothermal mapping, which is commonly the first step in the geothermal exploration of an area. Participants should have a degree in geology.</i>
2	<i>Geophysical exploration</i>	<i>Geophysical exploration is practical training in conducting geophysical surveys of geothermal areas and/or interpretation of such data. Emphasis is on the application of methods that relate directly to geothermal parameters such as resistivity, and high-level computer interpretation. Participants should have a degree in physics, geophysics or engineering.</i>

Tabel 1.9 Silabus Program Training UNU-GTP, Iceland

No.	Topics	Silabus
3	<i>Borehole geophysics</i>	Borehole geophysics covers the essentials of geophysical measurements in boreholes used for geothermal investigations, with an emphasis on temperature and pressure measurements, and lithological logs. Participants should have a degree in physics, geophysics or engineering.
4	<i>Reservoir engineering</i>	Reservoir engineering covers the methodology needed to obtain information on the hydrological characteristics of geothermal reservoirs and to forecast the long term response of the reservoirs to exploitation. Participants should have a degree in engineering, physics, geophysics, mathematics or hydrogeology.
5	<i>Environmental science</i>	Environmental science covers environmental impact assessments (EIA), laws and policies, the planning and execution of EIA projects and environmental auditing. Scientific methods suitable for environmental monitoring are assessed and biological impact, pollution and occupational safety considered. Participants should have a degree in science or engineering.
6	<i>Chemistry of thermal fluids</i>	Chemistry of thermal fluids gives an insight into the role of thermal fluid chemistry in geothermal exploration and exploitation, including sampling, analysis of major constituents and the interpretation of results. Participants should have a degree in chemistry, geochemistry or chemical engineering.
7	<i>Geothermal utilization</i>	Geothermal utilization deals with the civil, mechanical and chemical engineering aspects of geothermal fluids in pipes, equipment and plants, and includes scientific computing and modelling of geothermal plants and piping. The feasibility of projects and environmental factors are considered. Participants should have a degree in engineering.
8	<i>Drilling technology</i>	Drilling technology provides engineers with the information and on-site training necessary to prepare them for the work of drilling engineers or supervisors. The course deals with the selection of drilling equipment, well design and casing programs, cementing techniques, and the cleaning and repairs of production wells. Participants should have a degree in engineering.

Disamping *University of Auckland* dan *University of Iceland*, universitas terkemuka lain yang memiliki program geotermal adalah *the University of Stanford, USA* (Alison Holm (2011) dan *the School for Renewable Energy Science (RES)* di Iceland yang berafiliasi juga dengan *University of Iceland* dan *University of Akureyri* di *Northern Iceland* (Axel Bjornsson1, 2010)

Program yang ditawarkan oleh *Stanford University* adalah *graduate degrees in Energy Resource Engineering* dimana mata kuliah geotermal tergabung dalam program tersebut. Geothermal program di *Stanford University* fokus pada penelitian di bidang reservoir engineering.

Program pendidikan *M.Sc. program in renewable energy resources* di *School for Renewable Energy Science (RES)* dimulai pada bulan Februari tahun 2008, 6 bulan sebelum program S2 Teknik Geotermal ITB dimulai. Sejumlah matakuliah bidang geotermal diberikan kepada mahasiswa yang memilih bidang geotermal sebagai bidang pendalaman. Kurikulum dan silabus diberikan pada Tabel 1.9.

Bidang Akademik dan Kemahasiswaan ITB	Kur2013-Teknik Panas Bumi	Halaman 22 dari 42
Template Dokumen ini adalah milik Direktorat Pendidikan - ITB Dokumen ini adalah milik Program Studi Magister Teknik Panas Bumi ITB. Dilarang untuk me-reproduksi dokumen ini tanpa diketahui oleh Dirdik-ITB dan 226-ITB.		

Tabel 1.9 Kurikulum dan Silabus Program Geotermal di School for Renewable Energy Science (RES), Iceland (Axel Bjornsson et al.)

<p><i>The first trisemester (15 weeks; February - June): Introduction Courses, 30 ECTS credits.</i></p> <p><i>Course Description: An introduction and comparison of the main physical/chemical properties, technologies, and distribution, of various energy sources, i.e. fossil fuels (oil, natural gas, and coal), nuclear power, and various types of renewable energy sources. Remaining teaching modules cover the methodology of energy research; methods of exploration, exploitation, and technical aspects regarding utilization of different forms of renewable energy; life-cycle assessment (LCA), cost-benefit analysis (CBA), and environmental impact assessments of renewable energy use.</i></p>	
<p><i>Second Trimester, Course Duration 15 weeks (June - September) 30 ECTS credits</i></p> <p><i>Course Description: Emphasis is on a more detailed analysis of renewable energy production energy use, as well as on feasibility studies of various renewable energy sources. Students are divided into different fields of specialization, i.e. Geothermal Energy, Biofuel & Bioenergy, and Fuel Cell Systems & Hydrogen, Integrated or hybrid energy systems), Hhydropower and Wind & Wave (Tidal) Power and Solar Energy</i></p>	
<p><i>Mata kuliah Pilihan Bidang Geotermal: Second Trimester</i></p>	
<p><i>GEO601: Geothermal Systems Course Duration: 1 week. ECTS Credits: 2</i></p>	<p><i>Course Description: Main characteristics of low-, medium- and high-enthalpy geothermal reservoirs in various tectonic settings, including thick continental sediment basins, continental and oceanic rifts. Hydrothermal aquifers; magmatic systems; fracture zone systems; hot dry rock (HDR); enhanced geothermal systems (EGS); and deep geothermal resources. Introduction of deep geothermal drilling; of deep geothermal projects; reservoir simulation; and man-made seismicity. Evaluation and analysis of geological-, geophysical-, and geochemical models of low- and high- temperature geothermal systems.</i></p>
<p><i>GEO602: Geothermal Exploration Techniques Course Duration: 3 weeks. ECTS Credits: 6</i></p>	<p><i>Course Description: Geophysical methods to identify structural and tectonic features, alteration/metamorphic zones and hydrogeological characteristics. Methods include heat flow surveys; DC-resistivity depth soundings and profiling; EM and MT surveys; magnetic surveys, earthquake monitoring; seismic measurements and seismic reflection. Fundamentals of chemical properties of geothermal fluids. Review of chemical thermodynamics and heat and mass transfer related to geothermal utilization. Geochemical methods used to evaluate the chemical composition of geothermal fluids and gases; methods of sampling, analysis and interpretation of results. Geothermometers. Estimation of fluid flow and mixing in geothermal reservoirs.</i></p>
<p><i>GEO603: Drilling Techniques and Logging Methods Course Duration: 2 weeks. ECTS Credits: 4</i></p>	<p><i>Course Description: Drilling equipment, methods and technology; advanced drilling techniques; design of wells and casing programs, cementing techniques, cleaning and repairs of production wells; and well maintenance. Iceland's Deep Drilling Project (IDDP). Borehole geology and interpretation of alteration mineralogy of drill cuttings and cores; geophysical well logging; 3D imaging; fracture imaging; stress orientation and stress characterization; and hydraulic fracturing.</i></p>

Tabel 1.9 Kurikulum dan Silabus Program Geotermal di School for Renewable Energy Science (RES), Iceland (Axel Bjornsson et al.)

<p><i>GEO604: Reservoir Physics, Well-Test Analysis, Monitoring & Forecasting Course Duration: 3 weeks. ECTS Credits: 6</i></p>	<p><i>Course Description: Reservoir physics, including hydrological characteristics and water storage capacity, conceptual models of heat and mass flow within geothermal reservoirs, and assessing the hot water and power production capacity (reserve estimation). Production engineering and flow characteristics in wells. Deliverability, flow rates and pressure. Pressure profiles in reservoirs and reservoir performance; inflow performance of water and steam; pressure profiles in wells for water, steam and two-phase flow; artificial lift and pressure profiles; well-test analysis including down-well surveys and discharge. Physical and chemical monitoring of geothermal reservoirs; monitoring parameters. Real-time monitoring and modeling, model up-dates, and optimal production strategies. Sustainable utilization and forecasting the long-term response of reservoirs to exploitation; effects of fluid re-injection.</i></p>
<p><i>GEO605: Direct and Indirect Use of Geothermal Resources Course Duration: 2 weeks. ECTS Credits: 4</i></p>	<p><i>Course Description: Geotechnical and hydro-geological ground investigation, engineering design, operation and maintenance of shallow geothermal systems. Capital and O&M costs. Cost comparison with conventional heating systems. Geothermal heat pumps (GHP), borehole heat exchangers (BHE) and coupled GHPs. Geothermal ground-water well systems; heat pipe heat-exchangers; analytical and numerical design of borehole heat exchanger fields. Heating and cooling systems. Geothermal response test (GRT), enhanced geothermal response test (EGRT), and geothermal site investigation in the field and in the laboratory. Design of pipe network and of pipe material. Utilization of geothermal energy for swimming pools and health spas, greenhouses and agriculture production, fish farming and aquaculture, snow-melting, and various industrial processes.</i></p>
<p><i>EO606: 3D Visualization and Modeling Techniques. Course Duration: 2 weeks. ECTS Credits: 4</i></p>	<p><i>Course Description: Introduction to visualization techniques of spatial data, history, development, applications and possibilities. Pre modeling data preparation and management. 2D/3D gridding; modeling of fault geometries, building stratigraphic sequences, constructing final 3D volumes, data output, and 2D digitizing operations. Methods of 3D geological model building based on surface data, seismic data, model analysis, validation and understanding. Determining borehole design and positioning. Introduction to the advanced mapping software PETREL and geological models; case studies from Europe of 3D model building. Tutorial on data analysis, statistics, learned workflows, export formats, validation and evaluation of calculated models.</i></p>
<p><i>GEO607:Geothermal Power Plants Course Duration: 2 week. ECTS Credits: 4</i></p>	<p><i>Course Description: The design, thermodynamics performance, and economics of geothermal power plants for electricity generation – direct (dry) steam plants, single-, double-, and multiple-flash plants; binary-cycle plants, hybrid plants (including Kalina), and combined heat and power (CHP) plants. Power plant efficiency. Power plant equipment or components including turbines, generators, condensers/evaporators/heat exchangers, separators, pipes, pumps production/injection wells, etc. Corrosion or scaling potential. Capital cost, operation and maintenance (O&M) costs. Environmental impacts of geothermal utilization, and mitigation.</i></p>
<p>Third Trimester: Geothermal Thesis Projects (30 ECTS)</p>	

1.4 Referensi

Dokumen dan publikasi yang dirujuk untuk kepentingan penyusunan kurikulum adalah:

1. Surat Keputusan Senat Akademik Nomor 11/SK/I1-SA/OT/2012 tentang Pedoman Kurikulum 2013-2018 ITB.
2. Naskah akademik Surat Keputusan Senat Akademik ITB Nomor 09/SK/I1-SA/OT/2011 tentang Visi dan Misi ITB.
3. Surat Keputusan Senat Akademik Nomor: 10/SK/I1-SA/OT/2012 tentang Harkat Pendidikan di ITB
4. Peraturan Presiden RI No. 8/2012 tentang Kerangka Klasifikasi Nasional Indonesia.
5. Dokumen Akreditasi Program Studi Magister Teknik Panas Bumi
6. Undang-Undang Republik Indonesia No. 27 Tahun 2003 Tentang Geotermal
7. Blue Print Pengelolaan Energi Nasional 2005 – 2025”, Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral dikembangkan dari Rancangan Pedoman dan Pola Tetap Pengembangan dan Pemanfaatan Energi Geotermal 2004 – 2020” (Blue Print Implementasi Undang-undang Nomor 27 tahun 2003 tentang Geotermal), Program Studi Energi dan Sumber Daya Mineral.
8. Sukhyar R (2013): Status Pengusahaan Geotermal di Indonesia, Disampaikan pada acara Forum Geothermal ITB yang diselenggarakan oleh Program Studi Magister Teknik Panas Bumi ITB pada tanggal 31 Januari 2013
9. Freeston D.H and Bolton R.S. (1993), Indonesia – Geothermal Training Programme, Report for the Ministry of External Relations and Trade of New Zealand,
10. Goff, F., Janik, C.J. (2000), Geothermal Systems, Editors: Haraldur Sigurdsson, Encyclopedia of Volcanoes, Academic Press, pp. 817-834.
11. Dokumen “Usulan Pendirian Program Studi Baru Magister (S2) Teknik Panas Bumi, FTTM-ITB, 2006.
12. DiPippo, R. (2008):Geothermal Power Plants: Principles, Applications, Case Studies and Environmental Impact, Elsevier, Second Edition, 493 pp.
13. Dwipa, Sjafra, (2004), Updating Geothermal Energy Development in Indonesia, Geothermal Workshop, Manila Phillipphines, March 30, 2004.
14. Hochstein, M.P. (2005), 25 Years Geothermal Institute (University of Auckland, 1979 – 2003), Proceedings World Geothermal Congress 2005, Antalya – Turkey, pp. 1-5.
15. Ibrahim. R.F, Fauzi A., Suryadarma, The Progress of Geothermal Energy Resources Activities in Indonesia, Proceedings World Geothermal Congress 2005, Antalya, Turkey, April 24-29, 2005, pp. 1
16. Sudarman, S. dan Suroto et.al (2000), Geothermal Development Progress in Indonesia: Country Update 1995-2000, Proceedings World Geothermal Congress 2000, Kyushu – Tohoku Japan, pp. 455 – 460.
17. Suryantoro S., Dwipa, S., Ariati R. and Suryadarma (2005), Geothermal Deregulation and Energy Policy in Indonesia, Proceedings World Geothermal Congress 2005, Antalya – Turkey, pp. 1-10.
18. The University of Auckland Calender, 1989, 496 pp
19. Newson J. A., O’Sullivan M. J., and Zarrouk, S. J. (2010): Postgraduate Geothermal Training in New Zealand, Proceedings World Geothermal Congress 2010 , Bali, Indonesia, 25-29 April 2010.
20. Ingvar Birgir Fridleifsson (2010): Thirty One Years of Geothermal Training in Iceland, Proceedings World Geothermal Congress 2010 , Bali, Indonesia, 25-29 April 2010.
21. Axel Bjornsson, Hrefna Kristmannsdottir, Bjorn Gunnarsson (2010): New International Geothermal M.Sc. Program in Iceland, Proceedings World Geothermal Congress 2010 , Bali, Indonesia, 25-29 April 2010.
22. Alison Holm (2011): Geothermal Education and Training Guide 2011, Geothermal Energy Association, Washington DC, USA, 26 pp.
23. The the Institute of Earth Science and Engineering (IESE) – the University of Auckland. Website: <http://www.iese.co.nz/geothermal-institute/qualifications-and-short-courses>
24. The University of Auckland Faculty of Engineering Postgraduate Prospectus 2013 (<http://www.engineering.auckland.ac.nz/webdav/site/engineering/shared/for/documents/pg-prospectus-2013-foe.pdf>).

25. Yunus Saifulhak-Direktorat EBTKE ESDM, 2013: Geothermal Regulation and Policy in Indonesia, Presented at Workshop on Geothermal Business Opportunity in Indonesia held by the Institute of Energy Economics, Japan and the Foundation of Indonesian Institute for Energy Economics, Bandung, February 19, 2013.

2 Tujuan Pendidikan dan Capaian Lulusan

2.1 Tujuan Pendidikan

Menyiapkan peserta didik untuk menjadi anggota masyarakat yang memiliki kemampuan dalam menerapkan dan mengembangkan ilmu pengetahuan dan teknologi geotermal sehingga lulusannya mampu berkontribusi positif dalam kegiatan eksplorasi, eksploitasi dan utilisasi geotermal untuk meningkatkan ketersediaan energi nasional yang bersih, ramah lingkungan dan berkelanjutan.

Secara khusus tujuan pendidikan adalah:

1. Lulusan memiliki kemampuan unggul dalam menerapkan hasil pendidikannya di industri, pemerintah, perusahaan konsultan, institusi pendidikan dan penelitian.
2. Lulusan berperan aktif dan sukses di dalam profesi yang ditekuninya.
3. Lulusan menjadi praktisi dan inovator yang berhasil memecahkan permasalahan di bidang eksplorasi, eksploitasi, utilisasi dan pengelolaan sumberdaya geotermal.
4. Lulusan dapat diterima mengikuti pendidikan lanjut dan menyelesaikannya dengan baik
5. Lulusan menunjukkan kepeloporan dan kepemimpinan dalam upaya-upaya perbaikan di lingkungan komunitasnya.

2.2 Capaian (*Outcome*) Lulusan

Target Capaian Lulusan (*Student Outcomes*) adalah:

1. Mempunyai kemampuan menerapkan, mengembangkan dan memutakhirkan ilmu pengetahuan dan teknologi dengan cara menguasai dan memahami, pendekatan, metoda, dan kaidah ilmiah.
2. Mempunyai kemampuan mengidentifikasi, merumuskan, menganalisis dan memecahkan masalah.
3. Mempunyai kemampuan mengembangkan kinerja profesionalnya yang ditunjukkan dengan ketajaman analisis permasalahan, keserbacukupan tinjauan, kepaduan pemecahan masalah atau profesi yang serupa.
4. Mempunyai kemampuan berkomunikasi, kemampuan interpersonal, kemampuan bekerja sama dalam kelompok dan bekerja mandiri,
5. Mempunyai kemampuan mengelola riset dan pengembangan yang bermanfaat bagi masyarakat dan keilmuan, serta mampu mendapat pengakuan nasional maupun internasional.

Tabel 2.1 Kaitan capaian lulusan dengan tujuan program studi

	Tujuan prodi 1: Lulusan unggul dalam menerapkan hasil pendidikannya	Tujuan prodi 2: Lulusan berperan aktif dan sukses di dalam profesi	Tujuan prodi 3: Lulusan menjadi praktisi dan inovator yang berhasil.	Tujuan prodi 4: Lulusan dapat diterima mengikuti pendidikan lanjut	Tujuan prodi 5: Lulusan menunjukkan kepeloporan dan kepemimpinan
Capaian 1: Mempunyai kemampuan menerapkan, mengembangkan ilmu pengetahuan dan teknologi	Tinggi	Tinggi	Tinggi	Tinggi	Tinggi
Capaian 2: Mempunyai kemampuan mengidentifikasi, merumuskan, menganalisis dan memecahkan masalah	Tinggi	Tinggi	Tinggi	Tinggi	Tinggi
Capaian 3: Mempunyai kemampuan mengembangkan kinerja profesionalnya	Tinggi	Tinggi	Tinggi	Tinggi	Tinggi

	Tujuan prodi 1: Lulusan unggul dalam menerapkan hasil pendidikannya	Tujuan prodi 2: Lulusan berperan aktif dan sukses di dalam profesi	Tujuan prodi 3: Lulusan menjadi praktisi dan inovator yang berhasil.	Tujuan prodi 4: Lulusan dapat diterima mengikuti pendidikan lanjut	Tujuan prodi 5: Lulusan menunjukkan kepeloporan dan kepemimpinan
Capaian 4: Mempunyai kemampuan berkomunikasi, kemampuan interpersonal, kemampuan bekerja sama dalam kelompok dan bekerja mandiri	Sedang	Tinggi	Sedang	Sedang	Tinggi
Capaian 5 Mempunyai kemampuan mengelola riset dan pengembangan yang bermanfaat bagi masyarakat dan keilmuan	Tinggi	Tinggi	Tinggi	Tinggi	Tinggi

3 Struktur Kurikulum

Program Studi Magister Teknik Panas Bumi berorientasi pada penguasaan dan pengembangan ilmu dan teknologi, dengan persyaratan masuk sebagai berikut:

- Untuk dapat mengikuti Program Studi Magister Teknik Panas Bumi dengan baik (IPK > 2,75), calon mahasiswa perlu memiliki latar belakang pendidikan setara sarjana (S1).
 - Untuk jalur pilihan Eksplorasi Geotermal, mahasiswa perlu memiliki latar pendidikan bidang Geologi/Teknik Geologi/Geofisika/Teknik Geofisika/Teknik Pertambangan (Tambang Eksplorasi).
 - Untuk jalur pilihan Rekayasa Geotermal, mahasiswa perlu memiliki latar pendidikan bidang Teknik Perminyakan/Teknik Mesin/Teknik Material/Teknik Kimia/Teknik Fisika.
- Calon mahasiswa dengan latar belakang pendidikan bidang selain itu juga dapat diterima, asalkan memiliki latar belakang pendidikan bidang MIPA dan Teknik, setelah lolos seleksi wajib mengikuti program matrikulasi yang diselenggarakan program studi pada semester pendek. Pendaftaran dilakukan hanya pada Gelombang-1 (sekitar bulan Februari – Maret).
- Calon mahasiswa wajib mengikuti Test Potensi Akademik (TPA) yang dikelola oleh BAPENNAS dengan kriteria kelulusan nilai TPA ≥ 500 .
- Calon mahasiswa wajib mengikuti English Language Proficiency Test (ELPT) yang dikelola ITB (ELPT ITB) atau TOEFL Institusional, dengan kriteria kelulusan ditetapkan sebagai berikut: nilai TOEFL ITP ≥ 500 atau ELPT ITB ≥ 90 .
- Calon mahasiswa lolos test seleksi dan wawancara yang diselenggarakan Program Studi Magister Teknik Panas Bumi.

Kurikulum 2013 Program Studi Magister Teknik Panas Bumi terbagi ke dalam dua jalur pilihan, yaitu (1) Eksplorasi dan (2) Rekayasa. Dari 36 sks dengan 12 mata kuliah pokok (32 sks) dan 2 mata kuliah pilihan (4 SKS). Sesuai ketentuan ITB untuk program Studi Magister, pada kurikulum program studi berlaku ketentuan sebagai berikut:

- Dari total 36 sks, terdapat: 13 sks mata kuliah wajib yang sama (*common course*), di luar Thesis. Hal ini sesuai dengan ketentuan ITB yang menetapkan program studi dengan jalur pilihan harus memiliki matakuliah wajib (*common course*) minimal sebanyak 3 sks, di luar Tesis dan Metodologi Penelitian.
- Kedua jalur pilihan mempunyai 13 sks mata kuliah yang berbeda. Hal ini sesuai dengan ketentuan ITB yang menetapkan setiap jalur pilihan dari suatu program studi minimal harus berbeda 12 sks untuk matakuliah wajib dengan jalur pilihan lain pada program studi yang sama.
- Jumlah matakuliah pilihan dalam kurikulum pada program studi berbobot 12 sks
- Kurikulum mencakup matakuliah Tesis, dengan bobot 6 sks.
- Dalam kurikulum terdapat muatan Metodologi Penelitian dengan bobot 3 sks.

Bidang Akademik dan Kemahasiswaan ITB	Kur2013-Teknik Panas Bumi	Halaman 27 dari 42
<p>Template Dokumen ini adalah milik Direktorat Pendidikan - ITB Dokumen ini adalah milik Program Studi Magister Teknik Panas Bumi ITB. Dilarang untuk me-reproduksi dokumen ini tanpa diketahui oleh Dirdik-ITB dan 226-ITB.</p>		

f) Setiap matakuliah mempunyai bobot minimal 2 sks, kecuali untuk matakuliah Tesis 6 sks.

Total : 4 semester, 36 sks
 Wajib : 24 sks
 Pilihan: 12 sks

Aturan yang mengikat seorang mahasiswa agar dapat dinyatakan lulus dari Program Studi Magister Teknik Panas Bumi adalah lulus semua mata kuliah wajib dan pilihan sesuai dengan kurikulum, dengan nilai IP minimal 2.75 dan lama studi maksimum 3 tahun (Tabel 3.1).

Tabel 3.1 Aturan Kelulusan

Program	sks Lulus			IP minimal	Lama studi maksimum
	W	P	Total		
Magister	24	12	36	2,75 ¹⁾	3 tahun

¹⁾ Nilai minimal C.

Matakuliah wajib untuk kedua jalur pilihan, yaitu jalur pilihan Eksplorasi diberikan pada Tabel 3.2a dan mata kuliah wajib untuk jalur pilihan Rekayasa diberikan pada Tabel 3.2b. Struktur Kurikulum diberikan pada Tabel 3.3 dan Tabel 3.4.

**Tabel 3.2a Matakuliah Wajib Program Studi S2 Teknik Panas Bumi
 Jalur Pilihan: Eksplorasi Geotermal**

No	Kode	Nama Matakuliah	sks
1	PB5001	Sistem dan Teknologi Geotermal	3
2	PB5003	Eksplorasi Geologi Geotermal	3
3	PB5007	Eksplorasi Geokimia Geotermal	3
4	PB5008	Eksplorasi Geofisika Geotermal	3
5	PB5013	Metodologi Penelitian	3
6	PB6013	Evaluasi Prospek Geotermal	3
7	PB6099	Tesis	6
		Jumlah	24

**Tabel 3.2b Matakuliah Wajib Program Studi S2 Teknik Panas Bumi
 Jalur Pilihan: Rekayasa Geotermal**

No	Kode	Nama Matakuliah	sks
1	PB5001	Sistem dan Teknologi Geotermal	3
2	PB5006	Teknik Reservoir Geotermal	3
3	PB5011	Teknik Produksi Geotermal	3
4	PB5012	Utilisasi Geotermal	3
5	PB6002	Metodologi Penelitian	3
6	PB6013	Evaluasi Prospek Geotermal	3
7	PB6099	Tesis	6
		Jumlah	32

Tabel 3.3 Struktur Matakuliah Program Studi Jalur Pilihan Eksplorasi Geotermal

Semester I				Semester II			
	Kode	Nama Matakuliah	sks		Kode	Nama Matakuliah	sks
1	PB5001	Sistem dan Teknologi Geotermal	3	1	PB5007	Eksplorasi Geokimia Geotermal	3
2	PB5013	Metodologi Penelitian	3	2	PB5008	Eksplorasi Geofisika Geotermal	3
3	PB5003	Eksplorasi Geologi Geotermal	3	3	PBxxxx	Pilihan-2	2
4	PBxxxx	Pilihan-1	2	4	PBxxxx	Pilihan-3	2
		Jumlah	11			Jumlah	10

Semester III				Semester IV			
	Kode	Nama Matakuliah	sks		Kode	Nama Matakuliah	sks
1	PB6013	Evaluasi Prospek Geotermal	3	1	PB6099	Tesis	6
2	PBxxxx	Pilihan-4	2				
3	PBxxxx	Pilihan-5	2				
4	PBxxxx	Pilihan-6	2				
		Jumlah	9			Jumlah	6

3.3a - Matakuliah Wajib Jalur Pilihan Eksplorasi Geotermal

Semester I				Semester II			
	Kode	Nama Matakuliah	sks		Kode	Nama Matakuliah	sks
1	PB5001	Sistem dan Teknologi Geotermal	3	1	PB5007	Eksplorasi Geokimia Geotermal	3
2	PB5013	Metodologi Penelitian	3	2	PB5008	Eksplorasi Geofisika Geotermal	3
3	PB5003	Eksplorasi Geologi Geotermal	3				
		Jumlah	9			Jumlah	6

Semester III				Semester IV			
	Kode	Nama Matakuliah	sks		Kode	Nama Matakuliah	sks
1	PB6013	Evaluasi Prospek Geotermal	3	1	PB6099	Tesis	6
		Jumlah	3			Jumlah	6

3.3b - Matakuliah Pilihan Jalur Pilihan Eksplorasi Geotermal

	Kode	Nama Matakuliah	sks
1	PB5002	Vulkanologi dan Geotermal	2
2	PB5004	Analisis Lingkungan Geotermal	2
3	PB5009	Manajemen dan Ekonomi Geotermal	2
4	PB6014	Teknologi Geotermal Geosains	2
5	PB6015	Manajemen Reservoir Geotermal	2
6	PB6016	Geokimia Gas Geotermal	2
7	PB6017	Simulasi Reservoir Geotermal	2
8	PB6021	Alterasi Hidrotermal	2
9	PB6022	Kapita Selektif Geotermal	2
10	PB6023	Geokimia Produksi Geotermal	2
11	PB6024	Geotermal Non-konvensional	2
12	PB6025	Remote Sensing untuk Geotermal	2
13	xxxxxx	Mata kuliah dari Prodi lain	2

Tabel 3.4 Struktur Matakuliah Program Studi Jalur Pilihan Rekayasa Geotermal

Semester I				Semester II			
	Kode	Nama Matakuliah	sks		Kode	Nama Matakuliah	sks
1	PB5001	Sistem dan Teknologi Geotermal	3	1	PB5011	Teknik Produksi Geotermal	3
2	PB5013	Metodologi Penelitian	3	2	PB5012	Utilisasi Geotermal	3
3	PB5006	Teknik Reservoir Geotermal	3	3	PBxxxx	Pilihan-2	2
4	PBxxxx	Pilihan-1	2	4	PBxxxx	Pilihan-3	2
			Jumlah				Jumlah
			11				10

Semester III				Semester IV			
	Kode	Nama Matakuliah	sks		Kode	Nama Matakuliah	sks
1	PB6013	Evaluasi Prospek Geotermal	3	1	PB6099	Tesis	6
2	PBxxxx	Pilihan-4	2				
3	PBxxxx	Pilihan-5	2				
4	PBxxxx	Pilihan-6	2				
			Jumlah				Jumlah
			9				6

3.4a - Matakuliah Wajib Jalur Pilihan Rekayasa Geotermal

Semester I				Semester II			
	Kode	Nama Matakuliah	sks		Kode	Nama Matakuliah	sks
1	PB5001	Sistem dan Teknologi Geotermal	3	1	PB5011	Teknik Produksi Geotermal	3
2	PB5013	Metodologi Penelitian	3	2	PB5012	Utilisasi Geotermal	3
3	PB5006	Teknik Reservoir Geotermal	3				
			Jumlah				Jumlah
			9				6

Semester III				Semester IV			
	Kode	Nama Matakuliah	sks		Kode	Nama Matakuliah	sks
1	PB6013	Evaluasi Prospek Geotermal	3	1	PB6099	Tesis	6
			Jumlah				Jumlah
			3				6

3.4b –Matakuliah Pilihan Jalur Pilihan Rekayasa Geotermal

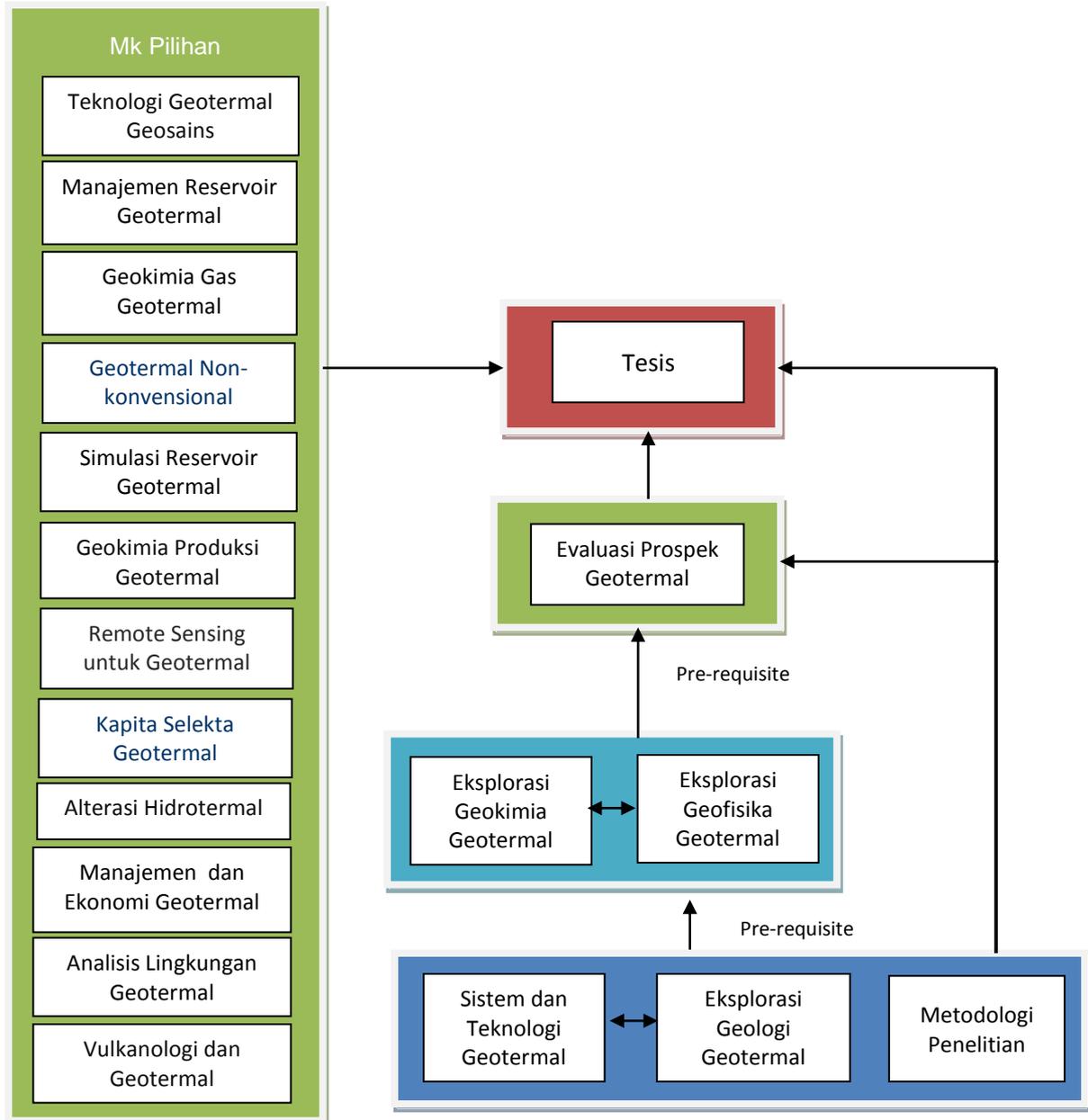
	Kode	Nama Matakuliah	sks
1	PB5004	Analisis Lingkungan Geotermal	2
2	PB5005	Perpindahan Panas dan Masa	2
3	PB5009	Manajemen dan Ekonomi Geotermal	2
4	PB5010	Perancangan Pemboran	2
5	PB6015	Manajemen Reservoir Geotermal	2
6	PB6016	Geokimia Gas Geotermal	2
7	PB6017	Simulasi Reservoir Geotermal	2
8	PB6018	Pemodelan Aliran di Sumur dan Pipa	2
9	PB6019	Pembangkit Listrik Geotermal	2
10	PB6020	Pemanfaatan Langsung Geotermal	2
11	PB6022	Kapita Selektif Geotermal	2
12	PB6023	Geokimia Produksi Geotermal	2
13	PB6024	Geotermal Non-konvensional	2
14	xxxxxx	Mata kuliah dari Prodi lain	2

4. Roadmap Matakuliah dan Kaitan dengan Capaian Lulusan

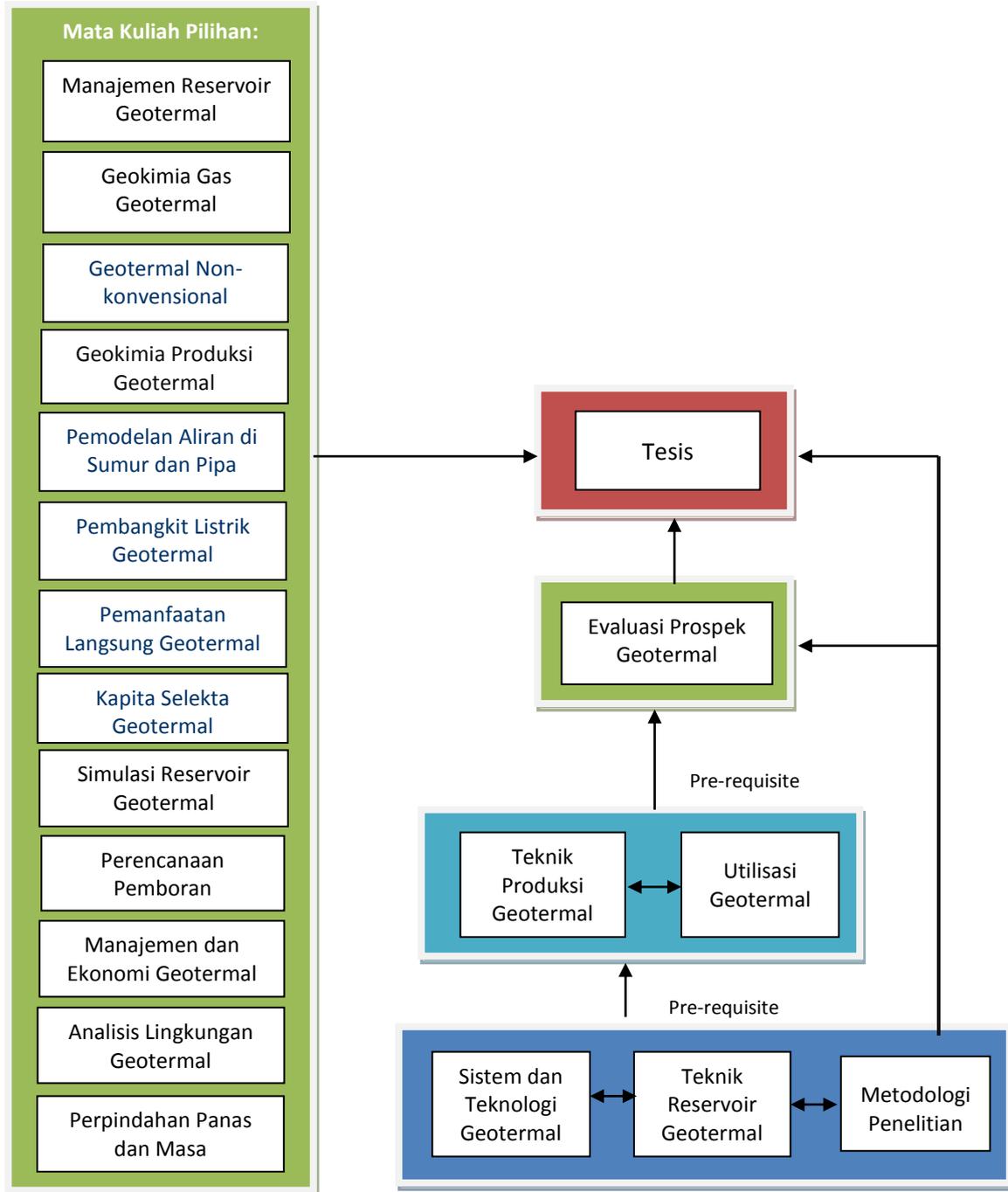
4.1 Roadmap Matakuliah

Pada Tabel 4.1 dan 4.2 disampaikan roadmap dalam bentuk diagram

Tabel 4.1 Road Map Mata Kuliah Jalur Pilihan: Eksplorasi



Tabel 4.2 Road Map Mata Kuliah Jalur Pilihan: Rekayasa



4.2 Peta Kaitan Matakuliah dengan Capaian Lulusan

Kode dan nama matakuliah		Capaian 1 Memiliki kemampuan menerapkan, mengembangkan ilmu pengetahuan dan teknologi	Capaian 2 Memiliki kemampuan mengidentifikasi, merumuskan, menganalisis dan memecahkan masalah	Capaian 3 Memiliki kemampuan mengembangkan kinerja profesionalnya	Capaian 4 Memiliki kemampuan berkomunikasi, kemampuan interpersonal, kemampuan bekerja sama dalam kelompok dan bekerja mandiri	Capaian 5 Memiliki kemampuan mengelola riset dan pengembangan yang bermanfaat bagi masyarakat dan keilmuan
Mk yang diikuti kedua jalur pilihan (common course)						
PB5001	Sistem dan Teknologi Geotermal	sedang	sedang	sedang	rendah	rendah
PB5013	Metodologi Penelitian	rendah	rendah	tinggi	tinggu	sedang
PB6013	Evaluasi Prospek Geotermal	tinggi	tinggi	tinggi	tinggi	rendah
PB6099	Tesis	tinggi	tinggi	sedang	tinggi	tinggi
Mk. jalur pilihan: Eksplorasi Geotermal						
PB5003	Eksplorasi Geologi Geotermal	Tinggi	Tinggi	Sedang	Tinggi	Tinggi
PB5007	Eksplorasi Geokimia Geotermal	Tinggi	Tinggi	Sedang	Tinggi	Tinggi
PB5008	Eksplorasi Geofisika Geotermal	Tinggi	Tinggi	Sedang	Tinggi	Tinggi
Mk Jalur Pilihan: Rekayasa Geotermal						
PB5006	Teknik Reservoir Geotermal	Tinggi	Tinggi	Rendah	Rendah	Rendah
PB5011	Teknik Produksi Geotermal	Tinggi	Tinggi	Rendah	Rendah	Rendah
PB5012	Utilisasi Geotermal	Tinggi	Tinggi	Rendah	Rendah	Rendah

5. Atmosfer Akademik

Atmosfer akademik merupakan prasyarat dalam mendukung keberhasilan proses pembelajaran. Kondisi harus diciptakan untuk membuat proses pembelajaran berjalan sesuai dengan visi, misi, dan tujuannya. Untuk itu kegiatan pertama yang dilakukan pada awal tahun akademik adalah mensosialisasikan visi, misi, tujuan dan sasaran Program Studi Magister Teknik Panas Bumi pada acara pertemuan dengan para mahasiswa baru dengan mengundang seluruh dosen, mahasiswa dan tenaga kependidikan (penata usaha). Pada acara tersebut Ketua Prodi memperkenalkan seluruh tenaga pengajar, masing-masing dengan bidang keahlian dan latar belakang pendidikannya, serta menjelaskan kurikulum program studi, jadwal, ruang kuliah serta memperkenalkan lagu "Mars ITB" dan memberikan kesempatan kepada dosen yang hadir untuk memberikan arahan atau kiat-kiat untuk mendukung keberhasilan proses pembelajaran. Acara diakhiri dengan foto dan makan siang bersama.

Mahasiswa dan masyarakat luas dapat memperoleh informasi mengenai Program Studi Magister Teknik Panas Bumi ITB dari website program studi, yaitu <http://www.geothermal.itb.ac.id>. Informasi yang dapat diperoleh antara lain mengenai persyaratan pendaftaran, kurikulum, SAP (Satuan Acara Perkuliahan) masing-masing matakuliah, yang menjelaskan tujuan, silabus, keluaran yang diharapkan dan agenda perkuliahan selama 16 (enambelas minggu), nama tenaga pengajar untuk masing-masing mata kuliah, riwayat hidup singkat, serta foto-foto kegiatan program studi. Program studi juga mengoptimalkan

penggunaan internet sebagai sarana pembelajaran dengan mempublikasikan informasi, pengetahuan, makalah dan data.

Selama mengikuti kuliah di ITB, mahasiswa memiliki seorang dosen wali akademik yang bertugas membantu mahasiswa menyusun rencana studi untuk menunjang keberhasilan mahasiswa selama masa studinya di ITB, memberikan bimbingan kepada mahasiswa selama masa studinya serta mendorong dilaksanakannya kegiatan belajar yang efektif. Bimbingan dari dosen diberikan dalam bentuk perwalian, baik secara pribadi maupun dalam bentuk kelompok, yang dilakukan secara terjadwal maupun berdasarkan kebutuhan mahasiswa. Perwalian dapat dikatakan sebagai proses konsultasi mahasiswa kepada dosen wali baik dalam bidang akademik maupun non-akademik untuk menunjang keberhasilan studi dan perkembangan mahasiswa.

Sarana Interaksi Dosen-Mahasiswa

Sejumlah sarana disediakan untuk interaksi dosen-mahasiswa yaitu:

- a. Ruang kuliah dilengkapi LCD dan AC.
Hingga saat ini perkuliahan umumnya dilaksanakan di ruang kelas yang dikelola oleh Prodi Teknik Perminyakan-FTTM. Saat ini Prodi Teknik Perminyakan memiliki 2 (dua) ruang kuliah dengan daya tampung 60 orang serta 2 (dua) ruang kuliah dengan daya tampung 15-20 orang. Dilihat dari kapasitasnya, ruang yang tersedia untuk kuliah bersama sangat memadai, namun waktu pemakaiannya perlu mempertimbangkan waktu pemakaian oleh Prodi Teknik Perminyakan. Untuk perkuliahan jalur pilihan, ruang yang tersedia saat ini dirasakan terlalu sempit, meskipun ruangan mempunyai kapasitas untuk 20 orang.
- b. Ruang Ketua Program Studi
Ruang ketua program studi dapat diakses oleh para dosen dan digunakan untuk berdiskusi. Ruang ketua program studi juga dapat diakses mahasiswa yang memerlukan informasi secara langsung dari ketua prodi.
- c. Ruang dosen
Satu ruang untuk 1 dosen (bukan pejabat struktural). Ruang dosen dapat dipergunakan untuk berbagai jenis konsultasi.
- d. Ruang kerja mahasiswa
Saat ini tempat kerja yang digunakan laboratorium geotermal dan selasar didepan lab geotermal yang dilengkapi dengan kursi dan meja kerja, dengan daya tampung maksimum 25 mahasiswa. Ruangan dilengkapi dengan perangkat komputer dengan koneksi internet dapat dimanfaatkan untuk komunikasi melalui e-mail. Dua tahun terakhir ini program studi menerima 35 orang mahasiswa pertahun. *Student body* saat ini: 80 orang, dengan demikian ruang kerja mahasiswa saat ini sangat tidak memadai untuk mendukung suasana belajar dikampus. Sebagai catatan, pemanfaatan fasilitas komputer untuk mahasiswa tidak menjadi masalah lagi karena selain fasilitas komputer yang disediakan oleh laboratorium, hampir semua mahasiswa dengan laptop pribadinya dapat terintegrasi dalam sistem LAN. Ruang kerja mahasiswa berdampingan dengan ruang ketua program studi, dan sangat dekat dengan berbagai sarana-prasarana seperti kantor administrasi, kantin, toilet, dan mushola dan laboratorium.
- e. Ruang Seminar
Prodi Teknik Geotermal cukup sering menyelenggarakan seminar/*guest lecture*. Biasanya semua kegiatan seminar, termasuk seminar mahasiswa dilaksanakan di ruang seminar yang terdapat di Gedung Teknik Perminyakan, yang dapat menampung sekitar 60-80 orang. Ruang ini dilengkapi dengan fasilitas yang memadai, AC dan projector.
- f. Laboratorium
Di Prodi Teknik Geotermal, sesuai dengan kebijakan ITB, sarana laboratorium yang ada merupakan hasil kerjasama dengan prodi-prodi lain di lingkungan ITB, terutama dengan fakultas-fakultas yang anggota prodi nya mengajar di Prodi Teknik Panasbumi seperti FITB, FTMD dan FTSL.
 - Laboratorium yang digunakan oleh mahasiswa Prodi Teknik Panasbumi yang dibawah pengelolaan Prodi Teknik Geologi – FITB yaitu Lab. Petrologi dan Volkanologi, Lab Geologi Dinamika, dan Lab Aplikasi dan Pemodelan Geologi.
 - Selain itu karena Prodi Teknik Panasbumi berada dalam lingkup pengelolaan FTTM, maka seluruh mahasiswanya dapat menggunakan fasilitas laboratorium lain yang dikelola oleh Prodi

Bidang Akademik dan Kemahasiswaan ITB	Kur2013-Teknik Panas Bumi	Halaman 34 dari 42
Template Dokumen ini adalah milik Direktorat Pendidikan - ITB Dokumen ini adalah milik Program Studi Magister Teknik Panas Bumi ITB. Dilarang untuk me-reproduksi dokumen ini tanpa diketahui oleh Dirdik-ITB dan 226-ITB.		

lain yang masih didalam lingkup FTTM. Contohnya: mahasiswa magister Prodi Teknik Panasbumi dapat menggunakan fasilitas yang berada dibawah pengelolaan:

- ✓ Prodi Teknik Geofisika, yaitu Lab Reservoir untuk prosesing data mikroseismik, Lab. Gravity dan Lab. Seismologi
- ✓ Prodi Teknik Perminyakan, yaitu Lab. Pemboran, Lab. Reservoir dan Lab. Komputasi
- Untuk dapat memakai fasilitas laboratorium yang dikelola oleh Prodi lain, maka perlu ijin dari masing-masing KaProdi dan Dekan FTTM. Meskipun demikian, proses perijinan ini sangat mudah. Secara keseluruhan, seluruh fasilitas laboratorium ini dapat dikatakan baik hingga sangat baik kondisinya.
- Dengan fasilitas-fasilitas tersebut, baik dosen dan mahasiswa dapat menghasilkan data riset yang sangat baik. Seluruh laboratorium yang berada di dalam lingkup FTTM dapat dilihat dalam website FTTM yaitu pada alamat berikut; www.fttm.itb.ac.id/.
- Selain itu, untuk fasilitas laboratorium lain yang tidak ada di Teknik Geotermal maupun didalam lingkup FTTM, maka mahasiswa maupun dosen dapat meminjam fasilitas ke Prodi lain di fakultas lain dalam lingkup ITB, misalnya alat XRD yang hanya ada di Teknik Pertambangan dibawah Fakultas FTTM dan di Teknik Material dibawah Fakultas FTMD. Walaupun membutuhkan ijin dalam peminjaman fasilitas ini, tetapi proses perijinannya tidak sulit dan cukup cepat.

Untuk fasilitas laboratorium lain yang tidak terdapat di lingkungan institusi ITB, maka Prodi Teknik Geotermal bekerja sama dengan institusi pemerintah lainnya yang memiliki fasilitas laboratorium rekayasa maupun eksplorasi geotermal di sekitar Bandung dan kota lainnya, misalnya LIPI, PSG dan PPGL ataupun perusahaan asing. Dalam hal ini terdapat keuntungan besar bagi Prodi Teknik Geotermal yang berada di Bandung, karena banyak sekali pusat-pusat studi dan riset yang berkaitan dengan kegiatan eksplorasi panasbumi milik pemerintah yang berada di Bandung, yang memiliki hubungan yang sangat baik dengan ITB sehingga kerjasama-kerjasama laboratorium ini relatif cukup mudah dan cepat.

- g. Fasilitas perpustakaan program studi dikelola secara terpusat dan ditempatkan di perpustakaan pusat. Banyak sekali publikasi yang berkaitan dengan geotermal yang dapat dipinjam dengan mudah maupun tersedia secara online dan dapat langsung di unduh. Disamping itu para dosen umumnya memiliki koleksi jurnal ilmiah dan buku yang memadai, baik berupa hardcopy maupun dalam bentuk softcopy, untuk dapat dipergunakan mahasiswa sebagai bahan/tugas kuliah ataupun sumber pustaka tugas akhir/tesis.
- h. Untuk sarana peribadatan, terdapat mushola di lantai dasar. Sedangkan untuk kegiatan olah raga dan seni, mahasiswa dapat memakai fasilitas olah raga dan seni yang berada didalam lingkup ITB. Untuk olah raga dapat memakai lapangan didalam lingkungan kampus maupun sarana olah raga dan dan budaya yang berada di luar lingkup kampus tetapi dapat ditempuh dengan berjalan kaki kira-kira 5-10 menit. Berbagai unit kesenian mahasiswa juga terbuka baik untuk mahasiswa magister maupun mahasiswa sarjana ITB. Untuk sarana kesehatan mahasiswa dapat memanfaatkan jas BMG (Bumi Medika Ganेशha).

Tabel 5.1 Prasarana Prodi Teknik Perminyakan yang dapat dimanfaatkan Prodi S2 Teknik Panas Bumi

No.	Jenis Prasarana	Jumlah Unit	Total Luas (m ²)	Terawat	Utilisasi (Jam per Minggu)
1	R Tata Usaha	1	82	Terawat	50
2	R Ketua Prodi	1	14	Terawat	30
3	R Seminar	1	100	Terawat	20
4	R Sidang	1	50	Terawat	20
5	R Kuliah Total Peciko	1	48,6	Terawat	
6	R Kuliah Total Tunu	1	48,6	Terawat	
7	R Kuliah Total Handil	1	48,6	Terawat	
8	Lab. Pemboran	1	140	Terawat	30
9	Lab. Geothermal	1	30	Terawat	40
10	Lab. Komputer	1	97	Terawat	40
11	Lab. Mekres	1	88	Terawat	30

No.	Jenis Prasarana	Jumlah Unit	Total Luas (m ²)	Terawat	Utilisasi (Jam per Minggu)
12	Selasar Laboratorium Geothermal	1	20	Terawat	40
13	R. Mushola	2	20	Terawat	40

Tabel 5.2 Prasana Prodi Teknik Geologi/FITB yang dapat dimanfaatkan Prodi S2 Teknik Panas Bumi

No.	Jenis Prasarana	Jumlah Unit	Total Luas (m ²)	Utilisasi (Jam per Minggu)
1	Lab. Petrologi dan Volkanologi	1	35	30
2	Lab. Analisis dan Pemodelan Geoscience	1	35	15
3	Lab Geologi Dinamika	1	50	30
4	R. Rapat PS	1	80,1	10
5	R. Sidang	2	53,4	8
6	R. Multimedia Hilmi Panigoro	1	150	6
7	R. Perpustakaan	1	132,5	40
8	R. Mushola	2	30	40

Interaksi Dosen-Mahasiswa Dalam Kegiatan Perkuliahan

Sesuai ketentuan ITB, program studi menetapkan jumlah perkuliahan/tatap muka untuk satu mata kuliah 16 kali, termasuk UTS dan UAS. Perkuliahan umumnya diawali dengan penjelasan tentang silabus, tujuan, Satuan Acara Perkuliahan (SAP) selama satu semester, daftar pustaka yang digunakan, tata cara penilaian dan aturan serta keterkaitan dengan matakuliah lain. Kegiatan perkuliahan terdiri dari tatap muka, diskusi, tugas baca, pengerjaan tugas latihan, pembahasan makalah, presentasi dan evaluasi atau ujian tengah semester dan akhir semester. Setiap dosen melaksanakan tugas pengajaran berdasarkan penugasan sesuai dengan kurikulum dan kepakaran yang dimiliki. Dalam kaitan dengan pembelajaran, mahasiswa dapat melakukan interaksi dengan dosen di luar jam perkuliahan.

Ketentuan persyaratan mukim dari program studi S2 Teknik Panas Bumi ditetapkan mulai semester-1 2011/2012 yaitu minimal 80% dari 16 minggu perkuliahan. Kebijakan bagi mahasiswa yang tidak dapat memenuhi ketentuan tersebut diserahkan kepada masing-masing dosen. Hal ini atas dasar pertimbangan bahwa untuk menghasilkan lulusan yang unggul dalam bidang geothermal, mahasiswa S2 seharusnya mencurahkan waktu sepenuhnya untuk keperluan studi dan penelitian di kampus. Kehadiran mahasiswa di kampus akan memungkinkan terjadinya diskusi, tukar pikiran antara sesama mahasiswa dan juga dosen, serta mendalami software dan hardware yang tersedia di kampus.

Sebagai bagian dari perkuliahan, dilaksanakan juga kunjungan ke lapangan geothermal, antara lain ke lapangan Kamojang/Wayang Windu/Darajat. Tujuan dari kunjungan adalah mahasiswa memahami mengenai sistem geothermal dan manifestasi geothermal yang terdapat di lapangan tersebut, serta fasilitas produksi sumur dan sekitarnya, fasilitas pipa alir dan fasilitas pembangkit listrik/PLTP yang ada di lapangan tersebut.

Sebagai bagian dari kuliah Eksplorasi Geologi, peserta kuliah melaksanakan program “Geothermal Field Camp” selama 5 (lima) hari di lapangan geothermal Tangkuban Perahu. Dalam kegiatan ini mahasiswa melakukan kegiatan sebagaimana dilakukan pada survey/eksplorasi awal suatu lapangan, dan kemudian menganalisa data yang diperoleh dari lapangan, mengembangkan model konseptual dan memperkirakan besarnya potensi sumberdaya di area tersebut. Dalam kegiatan ini peserta kuliah dikelompokkan menjadi beberapa group, sehingga mereka berlatih bekerja sama dalam kelompok. Diakhir kegiatan masing-masing kelompok mempresentasikan hasil kajiannya.

Beberapa perkuliahan lain yang juga melaksanakan kegiatan diskusi kelompok adalah mata kuliah Analisis Lingkungan Geothermal dan kuliah Evaluasi Prospek Geothermal. Dalam kuliah ini peserta kuliah dikelompokkan menjadi beberapa group. Setiap 2 minggu sekali masing-masing kelompok mempresentasikan hasil kajiannya. Pada akhir perkuliahan masing-masing kelompok menyampaikan

Bidang Akademik dan Kemahasiswaan ITB	Kur2013-Teknik Panas Bumi	Halaman 36 dari 42
<p>Template Dokumen ini adalah milik Direktorat Pendidikan - ITB Dokumen ini adalah milik Program Studi Magister Teknik Panas Bumi ITB. Dilarang untuk me-reproduksi dokumen ini tanpa diketahui oleh Dirdik-ITB dan 226-ITB.</p>		

laporan hasil kajian menyeluruh dan mempresentasikannya kepada dosen pengampu perkuliahan dan dosen lain yang diundang sebagai penilai.

Untuk melihat keberhasilan dari proses pendidikan, ITB melakukan evaluasi terhadap tingkat kepuasan mahasiswa setelah mengikuti mata kuliah yang diberikan oleh program studi. Tingkat kepuasan ini yang diperoleh dengan kuesioner setiap akhir semester yang dilakukan oleh ITB. Penilaian mahasiswa mencakup hal-hal berikut ini:

1. Penguasaan materi
2. Cara berkomunikasi menyampaikan materi
3. Penggunaan waktu kuliah sepenuhnya
4. Kehadiran pada jam kuliah
5. Persiapan kuliah
6. Sikap responsif dan bersedia berdiskusi
7. Penjelasan tujuan kuliah, rencana materi, dan buku acuan yang bermanfaat
8. Kesesuaian isi/bobot mata kuliah dengan alokasi SKS
9. Perolehan nilai diperoleh dari evaluasi yang lebih dari satu kali
10. Penguasaan materi oleh mahasiswa setelah mengikuti kegiatan perkuliahan
11. Tingkat kehadiran mahasiswa dalam perkuliahan tinggi

Penilaian dilakukan mahasiswa untuk setiap mata kuliah (dosen pengajar), setiap akhir semester. Nilai yang diberikan mahasiswa tersebut menjadi Indeks Kinerja dosen (nilai tertinggi = 4).

Rekapitulasi hasil kuisisioner oleh Direktorat Pendidikan (Dirdik) ITB dan hasilnya di sirkulasikan ke masing masing dosen dan dapat dilihat melalui website ol.akademik.itb.ac.id. Kinerja dosen untuk 3 tahun terakhir diberikan pada Tabel berikut. Nilai bervariasi dari 3.31 sd 3.76, dengan nilai rata-rata 3.52, mengindikasikan pelaksanaan perkuliahan dilakukan oleh dosen dengan baik.

Tabel 5.3 Indeks Kinerja Dosen Prodi Teknik Geotermal Tiga Tahun Terakhir

PENILAIAN DARI HASIL PENDAPAT MAHASISWA (KUESIONER)		2008/2009		2009/2010	2010/2011		RATA-RATA
		Sem-1	Sem-2	Sem-2	Sem-1	Sem-2	
Penguasaan dan Penyampaian Materi	Penguasaan materi	3,62	3,77	3,85	3,86	3,69	3,76
	Cara Berkomunikasi/ menyampaikan materi	3,4	3,34	3,65	3,8	3,3	3,50
Komitmen Dosen	Penggunaan waktu kuliah sepenuhnya	3,16	3,33	3,47	3,32	3,53	3,36
	Kehadiran pada jam kuliah	3,07	3,05	3,75	3,38	3,28	3,31
Sikap Dosen	Persiapan kuliah	3,16	3,32	3,84	3,8	3,49	3,52
	Sikap responsif dan bersedia berdiskusi	3,45	3,65	3,86	3,8	3,65	3,68
Penyelenggaraan Kuliah	Penjelasan tujuan kuliah, rencana materi, dan buku acuan yang bermanfaat	3,32	3,4	3,82	3,86	3,55	3,59
	Kesesuaian isi/bobot mata kuliah dengan alokasi SKS	3,2	3,48	3,63	3,79	3,63	3,55
	Perolehan nilai diperoleh dari evaluasi yang lebih dari satu kali	3,57	3,37	3,77	3,8	3,71	3,64
Manfaat/ HasilKuliah	Penguasaan materi oleh mahasiswa setelah mengikuti kegiatan perkuliahan	3,01	3,29	3,53	3,66	3,14	3,33
Kehadiran Mahasiswa	Tingkat kehadiran mahasiswa dalam perkuliahan tinggi	3,33	3,62	3,78	3,88	2,74	3,47
RATA-RATA		3,30	3,42	3,72	3,72	3,43	3,52

PENILAIAN DARI HASIL PENDAPAT MAHASISWA (KUESIONER)	2008/2009		2009/2010	2010/2011		RATA-RATA
	Sem-1	Sem-2	Sem-2	Sem-1	Sem-2	
Prosentase kuesioner discan	96%	37%	51%	15%	82%	-

Interaksi Dosen-Mahasiswa-Penata Usaha Melalui Email

Komunikasi antar dosen – mahasiswa – penata usaha dapat dilakukan langsung atau melalui milis prodi, yaitu: mhs-s2-pb@mail.fttm.itb.ac.id. Informasi dan diskusi antara lain mengenai:

1. Jadwal kuliah, ruang kuliah dan nama dosen pengajar.
2. Rencana kuliah tamu, seminar mahasiswa dan kunjungan lapangan.
3. Pemberitahuan undangan seminar dari Asosiasi Profesi Panas Bumi (API)
4. SK Dekan FTTM, misalnya tentang Pedoman Program Studi Magister dalam pelaksanaan penelitian, monitoring dan kendali mutu, penulisan, penyajian sidang dan seminar tesis.
5. Penawaran beasiswa, penelitian dll.
6. Pengumuman hasil seleksi penerima beasiswa unggulan.
7. Lowongan kerja

Komunikasi antar dosen dilaksanakan oleh ketua program studi antara lain dengan melaksanakan rapat rutin minimal 1 (satu) kali setiap bulan. Komunikasi diluar rapat seringkali dilaksanakan melalui email dan melalui SMS. Ketua program studi membentuk milis dosenpb@fttm.itb.ac.id sebagai sarana komunikasi antara sesama dosen. Milis ini digunakan antara lain untuk meneruskan informasi yang diterima Ketua Prodi dari ITB (Pimpinan ITB, Dekan Fakultas) atau dari luar ITB (Pemerintah, Asosiasi Profesi dll) serta untuk membahas urusan internal program studi. Antara lain mengenai:

1. Visi, misi dan sasaran program studi
2. Rencana perkuliahan.
3. Rencana kerjasama.
4. Tantangan yang dihadapi.
5. Rekrutmen mahasiswa.
6. Pengembangan prodi: kebutuhan peralatan, kebutuhan gedung, daya tampung
7. Penawaran beasiswa, penelitian dll
8. Akreditasi Program Studi
9. Perubahan Kurikulum
10. Informasi akademik

Milis tu-dosenpb@fttm.itb.ac.id sebagai sarana komunikasi antara para pengajar dengan penata usaha digunakan antara lain:

1. Korespondensi surat keluar/masuk yang perlu ditandatangani dosen demi tercapainya akuntabiliti
2. Kegiatan kemahasiswaan a.l mengkoordinir kebutuhan untuk ekskursi, pengadaan konsumsi, transportasi, materi ekskursi dll
3. Kegiatan akademik a.l pengaturan ruang kuliah, absensi, nilai, pengumpulan tugas, ujian, pemberian informasi kepada calon pendaftar ke prodi S2 Teknik Geotermal

Interaksi akademik berupa program dan kegiatan di dalam dan di luar proses pembelajaran terjadwal (Kegiatan Seminar/Diskusi/Workshop)

Diluar kegiatan perkuliahan, ada dua kegiatan yang dilaksanakan program studi untuk meningkatkan wawasan para mahasiswa dan dosen dan juga untuk berinteraksi dengan masyarakat, yaitu (1) Forum Geotermal dan (2) ITB Geothermal Workshop

1. Forum Geotermal merupakan forum ilmiah dan keprofesian, dilaksanakan program studi untuk meningkatkan pengetahuan civitas akademika. Kegiatan ini dilaksanakan 1 minggu sekali, dengan pembicara dosen, mahasiswa, pembicara dari luar, baik dari alumni maupun dari non-alumni, dengan materi atau topik yang terkait dengan ilmu dan keprofesian maupun bidang-bidang ilmu lainnya.
2. 'ITB Geothermal Workshop (IGW)', diselenggarakan setiap tahun, mulai tahun 2012, untuk sebagai sarana komunikasi yang lebih luas, yaitu selain sebagai sarana bagi mahasiswa untuk mempublikasikan hasil kajian dan penelitiannya (diseminasi hasil riset.), juga sarana untuk mendapatkan pengetahuan tambahan dari praktisi geotermal di industri, lembaga penelitian dan

Bidang Akademik dan Kemahasiswaan ITB	Kur2013-Teknik Panas Bumi	Halaman 38 dari 42
Template Dokumen ini adalah milik Direktorat Pendidikan - ITB Dokumen ini adalah milik Program Studi Magister Teknik Panas Bumi ITB. Dilarang untuk me-reproduksi dokumen ini tanpa diketahui oleh Dirdik-ITB dan 226-ITB.		

perguruan tinggi lain serta sarana *networking*. Oleh karena persiapan dan pelaksanaan kegiatan ini sepenuhnya dilakukan mahasiswa dan dosen, maka kegiatan ini juga merupakan sarana bagi mahasiswa untuk melatih *managment, organization, communication skills*.

Disamping melaksanakan kegiatan tersebut diatas, ketua program studi berusaha agar dosen dan mahasiswa dapat menghadiri acara pertemuan ilmiah, baik di dalam maupun di luar negeri, baik sebagai peserta, pembicara, moderator ataupun sebagai panitia. Beberapa upaya yang telah berhasil dilaksanakan beberapa tahun terakhir, antara lain adalah:

1. Menghimpun dosen dan mahasiswa program studi untuk mendukung persiapan dan pelaksanaan acara “*World Geothermal Conggres 2010 (WGC2010)*”, yang dilaksanakan di Bali pada bulan April 2010 dan dihadiri oleh 3000 orang dari berbagai negara. Hampir seluruh pengajar dan mahasiswa Prodi S2 Teknik Geotermal ikut aktif sebagai panitia. Semua dosen juga bertugas sebagai editor makalah, sesuai dengan bidang keahliannya. Selain itu dosen dan mahasiswa bersama-sama melakukan review makalah, format makalah, menjadi moderator sesi dan sebagainya. Dengan bersama-sama melakukan kegiatan-kegiatan tersebut, akan terjadi transfer ilmu dan teknologi yang lebih efisien, dimana mahasiswa juga dapat mengaplikasikan ilmu yang diperolehnya didalam kelas pada dunia kerja yang nyata. Selain itu juga menciptakan peluang bagi topik-topik riset baru karena sering kali kegiatan ini menghasilkan berbagai pertanyaan ilmiah yang perlu diselidiki secara keilmuan yang lebih lanjut.
2. Menghimpun dosen dan mahasiswa program studi untuk menghadiri acara pertemuan ilmiah tahunan Asosiasi Panas Bumi Indonesia (PIT API) yang diselenggarakan di Lampung pada bulan Desember 2011 dan PIT API 2012. Kegiatan PIT API 2011 diikuti oleh 6 orang dosen dan 45 orang mahasiswa. Kegiatan ini dapat terlaksana atas dukungan/sponsorship dari PT Pertamina Geothermal Energy (PGE), PT Chevron Geothermal Indonesia dan Asosiasi Panas Bumi Indonesia (API). Kegiatan PIT API 2012 diikuti oleh 8 orang dosen dan 69 orang mahasiswa, serta mempresentasikan 21 makalah,

Interaksi dosen-mahasiswa dalam kegiatan penelitian dan pengabdian kepada masyarakat

Dalam hal kemitraan dosen dan mahasiswa dikembangkan melalui kegiatan-kegiatan baik yang diajukan oleh dosen maupun mahasiswa. Kegiatan yang diajukan oleh dosen, misalnya terdapat dosen yang memiliki riset maupun proyek pengabdian masyarakat yang kemudian melibatkan mahasiswa dalam pelaksanaannya. Dalam kegiatan training atau pelatihan geotermal, misalnya, mahasiswa dilibatkan untuk persiapan pelaksanaan spt fotocopy materi, absensi kehadiran, persiapan peralatan ke lapangan, pengaturan transportasi dan bila dimungkinkan mendampingi trainer dalam memberikan latihan soal dll.

Dosen juga banyak memiliki kerja sama dengan industri dan lembaga lain. Seringkali kerja sama ini melibatkan mahasiswa dalam pengerjaannya sehingga terjadi interaksi yang baik dan transfer ilmu yang signifikan dari dosen kepada mahasiswa. Kerjasama program studi di bidang geotermal, antara lain dengan:

1. Lembaga Penelitian di Jerman, yaitu GFZ-Potsdam dalam hal “Capacity building, networking and sustainable development of geothermal research in Indonesia” (tahun 2009-2012).
2. University of Southern California (USA) dan Star Energy Geothermal (Wayang Windu) Ltd, utk pelaksanaan program “US-Indonesia Geothermal Education Capacity Building”, dengan bantuan dana dari USAID (jangka waktu dua tahun, yaitu mulai Januari 2012-hingga akhir Desember 2013).
3. PT Pertamina Geothermal Energy (MoU dan MoA telah ditandatangani untuk jangka waktu 3 tahun; yaitu tahun 2012-2014).
4. PT Star Energi Geothermal (Wayang Windu) Ltd (MoU dan MoA telah ditandatangani untuk jangka waktu 5 tahun; tahun 2012-2016).
5. Konsorsium Belanda (Dutch Consortium) yang terdiri beberapa industri, Perguruan Tinggi, Pusat Penelitian, konsultan di Eropa, utk melaksanakan riset di lapangan Katwe-Uganda (jangka waktu dua tahun, yaitu tahun 2012-2014).

Interaksi dosen-mahasiswa diluar kegiatan akademik

Sedikitnya sekali dalam satu semester, program studi mengadakan pertemuan tidak resmi yang bertujuan murni hanya untuk silaturahmi dan pengakraban. Misalnya acara makan-makan di akhir semester atau di awal semester. Acara seperti ini membuat kedekatan hubungan dosen dengan mahasiswa, dan antara mahasiswa beda angkatan sehingga seluruh civitas akademis dapat saling bebas bertukar pikiran dan

Bidang Akademik dan Kemahasiswaan ITB	Kur2013-Teknik Panas Bumi	Halaman 39 dari 42
Template Dokumen ini adalah milik Direktorat Pendidikan - ITB Dokumen ini adalah milik Program Studi Magister Teknik Panas Bumi ITB. Dilarang untuk me-reproduksi dokumen ini tanpa diketahui oleh Dirdik-ITB dan 226-ITB.		

berdiskusi, baik masalah akademis atau non-akademis tanpa rasa takut atau tertekan. Dengan demikian suasana akademis yang kondusif dapat tercapai.

Interaksi Internal Program Studi Dalam Perencanaan Kegiatan Akademik

Untuk mendukung kelancaran proses belajar-mengajar, menjelang awal semester dibuat rencana kegiatan akademik, meliputi rencana pembukaan kelas, dosen pengampu (koordinator) dan tenaga pengajar, jadwal, waktu dan ruang kuliah, kegiatan perwalian, rencana kunjungan lapangan/ekskursi,seminar, kegiatan forum geotermal, kuliah tamu dan kegiatan lainnya.

- a) **Pembukaan kelas**
Pembukaan kelas/mata kuliah yang akan ditawarkan kepada mahasiswa berpedoman pada kurikulum. Untuk mata kuliah wajib dibuka sesuai pada struktur kurikulum, namun untuk mata kuliah pilihan terlebih dahulu ditanyakan kesediaannya kepada dosen pengampu.
- b) **Dosen pengampu (koordinator), tenaga pengajar dan jadwal kuliah.**
Permintaan tenaga pengajar kepada Ketua KK dilaksanakan oleh Dekan FTTM atas usulan dari ketua program studi. Usulan ketua program studi disampaikan kepada Dekan dengan melampirkan Satuan Acara Perkuliahan (SAP) dari masing-masing mata kuliah, yang antara lain memuat tujuan, silabus, persyaratan, keluaran yang diharapkan, topik bahasan per minggu. Jadwal kuliah diatur oleh Ketua Prodi bersama para dosen pengampu kuliah melalui rapat prodi atau melalui milis dosen, yaitu dosenpb@ftm.itb.ac.id.
- c) **Pemakaian ruang kuliah dan laboratorium komputer**
Ruang kuliah yang digunakan program studi hingga saat ini adalah ruang kuliah yang dikelola oleh program studi Teknik Perminyakan. Untuk menghindari terjadinya pemakaian ruang untuk kuliah di jam yang sama dengan matakuliah yang lain, program studi teknik perminyakan telah membuat suatu program peminjaman/pemakaian ruangan dengan sistem komputerisasi. Kuliah-kuliah rutin yang sudah terjadwal, maupun ruang kuliah yang kosong tiap harinya dapat dilihat melalui <http://adm.tm.itb.ac.id/ruangan>. Baik dosen, mahasiswa, bahkan pegawai non akademik dapat meminjam ruangan tertentu selama ruang tersebut tidak digunakan dengan melakukan pemesanan peminjaman melalui petugas tata usaha yang ditunjuk.
Untuk pemakaian lab. komputer, baik mahasiswa, dosen ataupun penata usaha hanya perlu mengisi daftar pemakaian komputer dalam form/daftar yang telah tersedia. Komputer tersedia sekitar 40 unit dan masing-masing monitor, *keyboard* dan *mouse* diberi nomor. Setelah mengisi daftar peminjaman komputer, pendaftar dapat meminjam mouse dengan nomor yang disesuaikan dengan komputer yang akan dipergunakan. Lab komputer dapat digunakan mulai jam 08.00 – 16.00 (istirahat jam 12.00 – 13.00) diluar jadwal pemakaian kuliah/praktikum atau kegiatan lainnya.
- d) **Penggantian Rencana Studi**
Penggantian Rencana Studi (PRS) dilaksanakan program studi mengikuti jadwal waktu yang ditetapkan ITB, yang disampaikan Dekan Fakultas kepada Ketua Prodi, untuk diumumkan kepada mahasiswa.
- e) **Perencanaan kunjungan lapangan, seminar, kegiatan forum geotermal/kuliah tamu**
Perencanaan kunjungan lapangan/ekskursi, seminar, kegiatan forum geotermal/kuliah tamu dilaksanakan diawal semester melalui rapat prodi.

Untuk mendukung kelancaran proses belajar mengajar, dalam melaksanakan tugasnya ketua program studi dan para dosen dibantu oleh beberapa tenaga kependidikan yang tugasnya diatur oleh Dekan Fakultas, antara lain sebagai berikut.

1. Mengelola dan mengendalikan kegiatan administrasi
2. Mengkoordinasikan kegiatan kehumasan
3. Menyelesaikan urusan administrasi mahasiswa
4. Mengelola surat masuk dan keluar
5. Menyiapkan urusan kerumahtanggaan\
6. Membuat daftar hadir, berita acara kuliah, sidang dan seminar
7. Menyiapan data untuk evaluasi studi mahasiswa
8. Membuat transkrip
9. Mengendalikan kebersihan
10. Menyampaikan daftar hadir, berita acara kuliah dan sidang/ujian kepada dosen
11. Menyiapkan surat-surat yang diperlukan mahasiswa baik

Bidang Akademik dan Kemahasiswaan ITB	Kur2013-Teknik Panas Bumi	Halaman 40 dari 42
Template Dokumen ini adalah milik Direktorat Pendidikan - ITB Dokumen ini adalah milik Program Studi Magister Teknik Panas Bumi ITB. Dilarang untuk me-reproduksi dokumen ini tanpa diketahui oleh Dirdik-ITB dan 226-ITB.		

12. Meng-*entry*-kan berita acara kuliah, sidang, dan seminar ke dalam system informasi FTTM serta mendokumentasikannya
13. Menyiapkan sarana dan prasarana untuk perkuliahan, sidang, seminar, dan kegiatan lainnya di lingkungan Teknik Perminyakan

Pengawasan pelaksanaan kegiatan akademik, dilakukan melalui:

- a. Persiapan Berita Acara Perkuliahan (BAP), yaitu formulir yang berisi informasi mengenai nama mata kuliah, kode mata kuliah, tanggal, waktu dan tempat kuliah, daftar nama peserta kuliah (untuk absensi), nama dan tempat untuk tandatangan dosen serta nama dan tempat untuk tandatangan ketua kelas.
- b. Buku Bimbingan Tesis, yaitu buku yang menjelaskan tentang data pribadi. judul tesis, nama pembimbing, tanggal, uraian bimbingan dan paraf pembimbing untuk setiap tatap muka, formulir perubahan judul dan pembimbing tesis, pernyataan selesai kemajuan tengah pekerjaan tesis, pernyataan selesai bimbingan dan penulisan tesis serta keterangan bebas administrasi magister Teknik Geotermal ITB.
- c. Formulir Rencana Kegiatan (FRK) Dosen, yaitu formulir yang harus diisi oleh seluruh dosen pada setiap awal semester, yang isinya menyampaikan rencana kegiatan melaksanakan perkuliahan, kegiatan praktikum laboratorium, bahan dan metoda pengajaran yang sedang dikembangkan (buku, diktat kuliah, modul pelatihan dll), kegiatan penunjang pendidikan yang akan dilakukan, karya ilmiah yang akan dipublikasikan, kegiatan pembimbingan tesis, kegiatan penelitian, kegiatan pelatihan yang akan dilakukan, konsultasi dan kegiatan pengabdian kepada masyarakat lainnya.
- d. Penyediaan daftar hadir untuk rapat, kuliah tamu, kunjungan lapangan, forum geotermal dll.

6. Asesmen Pembelajaran

Ketentuan mengenai asesmen pembelajaran atau evaluasi hasil belajar dilaksanakan program studi mengacu pada buku “Peraturan Akademik dan Kemahasiswaan ITB” sebagai berikut:

1. Evaluasi hasil belajar mahasiswa dilakukan sekurang-kurangnya dua kali dalam satu semester, yaitu satu kali pada saat semester sedang berjalan dan satu kali pada akhir semester.
2. Evaluasi selain melalui UTS dan UAS juga melalui kuis, tugas atau melalui laporan kelompok, diskusi dan presentasi, tergantung sifat bidang ilmu dan karakteristik setiap mata kuliah.
3. Umumnya evaluasi menggunakan lebih dari satu jenis evaluasi. Oleh karena itu dilakukan pembobotan terhadap tiap jenis evaluasi.
4. Keseluruhan pembobotan hasil evaluasi direkapitulasi menjadi satu nilai akhir bagi seorang mahasiswa dalam mengikuti satu mata kuliah tertentu

Sesuai ketentuan ITB, atas dasar data evaluasi keseluruhan tersebut, maka dosen mata kuliah harus menentukan nilai akhir keberhasilan mahasiswa dalam bentuk huruf dan angka sebagai berikut:

A (nilai 4,0)	: berarti sangat baik
AB (nilai 3,5)	: berarti nilai antara baik dengan sangat baik
B (nilai 3,0)	: berarti baik
BC (nilai 2,5)	: berarti nilai antara cukup dan baik
C (nilai 2,0)	: berarti cukup
D (nilai 1,0)	: berarti hampir cukup
E (nilai 0,0)	: berarti kurang atau gagal

Panduan pelaksanaan asesmen pembelajaran untuk mengukur ketercapaian capaian lulusan dan capaian matakuliah untuk tingkat program studi:

1. Asesmen pembelajaran dilakukan terhadap topik dan sub-topik yang dibahas dalam perkuliahan, sesuai dengan yang dinyatakan dalam SAP (Satuan Acara Perkuliahan).
2. Evaluasi dilakukan melalui UTS dan UAS juga melalui kuis, tugas atau melalui laporan dan presentasi proyek kelompok. Untuk tiap komponen evaluasi diberi bobot.
3. Soal UTS, UAS, kuis dan tugas dibuat dengan memperhatikan capaian belajar mahasiswa sebagaimana dinyatakan dalam SAP.

Bidang Akademik dan Kemahasiswaan ITB	Kur2013-Teknik Panas Bumi	Halaman 41 dari 42
Template Dokumen ini adalah milik Direktorat Pendidikan - ITB Dokumen ini adalah milik Program Studi Magister Teknik Panas Bumi ITB. Dilarang untuk me-reproduksi dokumen ini tanpa diketahui oleh Dirdik-ITB dan 226-ITB.		

4. Evaluasi dilakukan terhadap seluruh program perkuliahan dengan cara membandingkannya dengan tujuan pendidikan dan capaian lulusan.

Panduan pelaksanaan asesmen pembelajaran untuk mengukur ketercapaian capaian lulusan dan capaian matakuliah dan untuk tingkat matakuliah.

Kode dan nama matakuliah		Quiz	Tugas Individu	Praktikum di laboratorium	Praktek Lapangan	Tugas Kelompok	Laporan Kelompok	Kajian/Laporan Individu	Presentasi Kajian Individu	UTS	UAS	Seminar	Sidang Magister
Mk yang diikuti kedua jalur pilihan													
PB5001	Sistem dan Teknologi Geotermal	x	x					x		x	x		
PB5013	Metodologi Penelitian		x					x	x				
PB6013	Evaluasi Prospek Geotermal	x	x			x	x	x	x	x	x		
PB6099	Tesis							x	x			x	x
Mk. jalur pilihan: Eksplorasi Geotermal													
PB5003	Eksplorasi Geologi Geotermal	x	x		x	x	x	x	x	x	x		
PB5007	Eksplorasi Geokimia Geotermal	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		
PB5008	Eksplorasi Geofisika Geotermal	x	x		x	x	x	x		x	x		
Mk. jalur pilihan: Rekayasa Geotermal													
PB5006	Teknik Reservoir Geotermal	x	x					x		x	x		
PB5011	Teknik Produksi Geotermal	x	x					x		x	x		
PB5012	Utilisasi Geotermal	x	x					x		x	x		
Mk. jalur pilihan: Pilihan													
PB5002	Vulkanologi dan Geotermal	x	x		x	x	x	x	x	x	x		
PB5004	Analisis Lingkungan Geotermal	x	x			x	x	x	x	x	x		
PB5005	Perpindahan Panas dan masa	x	x					x		x	x		
PB5009	Ekonomi & Manajemen Geotermal	x				x	x			x	x		
PB5010	Perencanaan Pemboran	x	x					x		x	x		
PB6014	Teknologi Geotermal Geosains	x	x					x		x	x		
PB6015	Manajemen Reservoir Geotermal	x	x					x	x	x	x		
PB6016	Geokimia Gas Geotermal	x	x			x		x	x	x	x		
PB6017	Simulasi Reservoir Geotermal	x	x	x		x	x	x		x	x		
PB6018	Pemodelan Aliran di Sumur dan Pipa	x	x					x	x	x	x		
PB6019	Pembangkit Listrik Geotermal	x	x					x	x	x	x		
PB6020	Pemanfaatan Langsung Geotermal	x	x					x	x	x	x		
PB6021	Alterasi Hidrotermal	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		
PB6022	Kapita Selektif Geotermal	x	x					x	x	x	x		
PB6023	Geokimia Produksi Geotermal	x	x			x		x	x	x	x		
PB6024	Geotermal Non-konvensional	x	x					x	x	x	x		
PB6025	Remote Sensing untuk Geotermal	x	x					x	x	x	x		