

PEMBUATAN SENTRIFUG GEOTEKNIS DI UNIVERSITI KEBANGSAAN MALAYSIA (UKM) UNTUK KAJIAN LINGKUNGAN

Muchlis¹, Sukandarrumidi¹, Wan Zuhairi Wan Yaacob², M. Mukhlisin^{3,4}

¹) Jurusan Teknik Geologi, Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta

²) Program Geologi, Pusat Pengajian Sains Sekitaran dan Sumber Alam,
Universiti Kebangsaan Malaysia 43600 Bangi, Selangor.

³) Jabatan kejuruteraan awam dan struktur, Universiti Kebangsaan Malaysia

⁴) Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Semarang

Masuk: 7 Desember 2012, revisi masuk: 1 Januari 2013, diterima: 13 Januari 2013

ABSTRACT

Many researchers were conducted using geotechnical sentrifug in studies of the environment. The advantages of using a geotechnical sentrifug are quick to obtain the results, less materials used, economical and can be controlled for factors that are not required in the test. All geotechnical sentrifugs that were conducted are located outside from Indonesia and Malaysia, so that requires for build a geotechnical sentrifug in the country. Engineering methodology was to modify the existing geotechnical sentrifug in other countries. The geotechnical sentrifug that was build Universiti Kebangsaan Malaysia is 50 cm radius beam type geotechnical sentrifug with dead lock capacity 6 kg and maximum acceleration around 75 gravity. The main components are body, arm, bucket sample, counter weight, motor, contaminant bottle and computer. The geo-technical sentrifug is equipped with speed sensor, close sensor, stroboscope sensor and vibration sensor. This geotechnical sentrifug was conducted in environmental studies.

Keywords: *geotechnical sentrifug, building, environmental studies*

INTISARI

Banyak peneliti yang telah menggunakan sentrifug geoteknis dalam melakukan kajian-kajian tentang lingkungan. Keuntungan dari menggunakan sentrifug geoteknis adalah hasil kajian didapatkan dengan cepat, menggunakan bahan yang sedikit, lebih murah dan dapat mengontrol faktor-faktor yang tidak dikehendaki dalam ujian. Semua sentrifug geoteknis yang digunakan untuk penelitian tersebut berada di luar Indonesia dan Malaysia, sehingga perlu dibuat sebuah sentrifug geoteknis di negara tersebut sebagai instrumen dalam penelitian. Metodologi pembuatan instrumen ini adalah dengan memodifikasi sentrifug geoteknis yang sudah ada di negara lain. Sentrifug geoteknis yang telah dibuat di Universiti Kebangsaan Malaysia adalah sentrifug geoteknis jenis *beam* dengan jari-jari 50 cm. Beban maksimum pada kotak sampel adalah 6 kg dengan kecepatan maksimum lebih kurang 75 gravitasi. Bagian-bagian utama sentrifug geoteknis adalah badan, lengan, kotak sampel, penyeimbang berat, motor, botol bahan pencemar dan komputer. Sentrifug geoteknis dilengkapi juga dengan sensor kecepatan, sensor penutup, sensor stroboskop dan sensor getaran. Sentrifug geoteknis ini sudah digunakan untuk kajian lingkungan.

Kata kunci: sentrifug geoteknis, pembuatan, kajian lingkungan

PENDAHULUAN

Peningkatan jumlah bahan pencemar di tanah ini semakin meningkat karena adanya penambahan penduduk, perkembangan ekonomi meningkat dan pembangunan perindustrian yang pesat. Kemajuan di bidang teknologi industri juga akan menyebabkan kemampuan ma-

nusia untuk membuat bahan pencemar organik dan kimia buatan semakin tinggi, dimana setiap tahun sebanyak 1000-1500 senyawa kimia baru dihasilkan (Schnoor 1996). Pemusnahan limbah bahan pencemar yang tidak baik dan berlangsung dalam jangka waktu yang lama

¹muchlis_idham@yahoo.com

akan menyebabkan kualitas tanah dan air tanah menurun.

Banyak metodologi yang dapat digunakan untuk memulihkan air dan tanah yang tercemar oleh bahan pencemar (HDR Engineering 2001), akan tetapi mengenalpasti proses perpindahan bahan pencemar adalah salah satu langkah pertama dalam usaha menilai dan memulihkan pencemaran tanah (Wilson & Clarke 2004). Oleh sebab itu sifat pergerakan bahan pencemar perlu dikaji agar proses pemulihan berjalan dengan efektif dan efisien (Barth *et al.* 2003).

Penelitian tentang pergerakan bahan pencemar sudah banyak dilakukan sejak satu dekade lalu (Nambi & Power 1999). Pada dasarnya, pergerakan bahan pencemar dalam tanah bisa diperkirakan dengan menggunakan modeling matematika yaitu dengan kaedah analitikal atau numerikal. Modeling matematika didasarkan pada data yang diperoleh dari uji lapangan atau uji kolom di laboratorium. Kedua ujian ini mempunyai keterbatasan yaitu pada modeling dan simulasi pada kondisi yang sebenarnya dimana memerlukan waktu yang lama untuk mendapatkan hasil (Kumar 2006). Oleh karena itu dibutuhkan instrumen yang bisa mendapat hasil pergerakan bahan pencemar dalam waktu yang relatif singkat.

Pengujian pergerakan bahan pencemar dengan menggunakan sentrifug geoteknis dapat mempersingkat waktu pengujian (Kumar 2006). Banyak peneliti telah menggunakan instrumen ini sebagai modeling fizikal pada kajian pergerakan bahan pencemar (Esposito *et al.* 1999; Soga *et al.* 2003). Prinsip dasar penggunaan sentrifug geoteknis adalah kemampuannya untuk meningkatkan gaya gravitasi menjadi $N g$ (gravitasi) dengan pemutaran dalam kecepatan tinggi. Penambahan gaya gravitasi menjadi $N g$ menyebabkan bahan pencemar bergerak N^2 lebih cepat (Hu *et al.* 2006), hal ini dapat digunakan untuk memperkirakan pergerakan bahan pencemar pada waktu yang lebih panjang (Lo *et al.* 2004). Keuntungan lain dari instrumen ini adalah kemampuannya untuk memodelkan sistem di alam yang kompleks dalam lingkungan laboratorium yang terkontrol (Ku-

mar 2006), jumlah tanah yang digunakan lebih sedikit, lebih murah dan cepat mendapatkan hasil (Soga *et al.* 2003).

Hasil pengujian yang terdahulu menunjukkan bahwa sentrifug geoteknis terbukti dapat memodelkan pergerakan bahan pencemar dalam berbagai keadaan tanah. Akan tetapi semua sentrifug geoteknis yang digunakan berada di luar Malaysia. Hal itu telah mendorong satu sentrifug geoteknis yang pertama di Malaysia perlu dibuat. Sentrifug geoteknis ini tidak hanya bermanfaat dalam bidang lingkungan saja, tetapi juga dapat digunakan dalam bidang lain terutamanya pada bidang teknik sipil (Marto *et al.* 2009; Mukhlisin *et al.* 2011).

Akhir tahun 1960-an merupakan awal era modeling menggunakan sentrifug geoteknis. Beberapa sentrifug geoteknis dibuat dan berbagai masalah dipelajari dengan menggunakan instrumen ini. Ada dua jenis sentrifug geoteknis yang telah dibuat yaitu jenis *beam* dan *drum* dengan berbagai ukuran.

Tujuan pembuatan sentrifug ini adalah agar Malaysia mempunyai suatu instrumen yang dapat mengetahui pergerakan bahan pencemar dalam tanah dengan cepat dan tidak memerlukan tanah dalam jumlah besar.

METODE

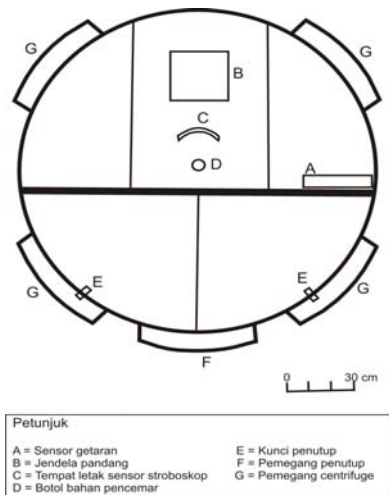
Metodologi pembuatan sentrifug ini adalah dengan memodifikasi dari instrumen serupa yang sudah ada di negara lain. Pembuatan instrumen ini dilaksanakan di bengkel mekanikal dan elektrik Fakulti Sains dan Teknologi UKM. Pembuatan ini memakan waktu lebih kurang satu tahun dan dimulai pada awal tahun 2007.

PEMBAHASAN

Pembuatan sentrifug geoteknis jenis *beam* di Universiti Kebangsaan Malaysia (UKM) bermula pada awal tahun 2007. Pembuatan diawali dengan pemilihan jenis dan komponen sentrifug geoteknis. Disain dibuat berdasarkan pada hasil pembacaan dan pengamatan terhadap sentrifug geoteknis yang telah ada. Hasil diskusi dengan beberapa pakar teknik memutuskan bahwa sentrifug geoteknis dibuat di bengkel mekani-

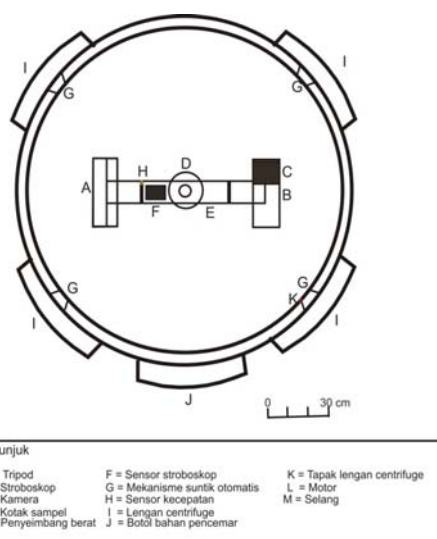
kal dan elektrik Fakulti Sains dan Teknologi UKM.

Gambar 1, 2 dan 3 menunjukkan gambar sentrifug geoteknis dari arah atas dan samping dengan bagian-bagiannya.



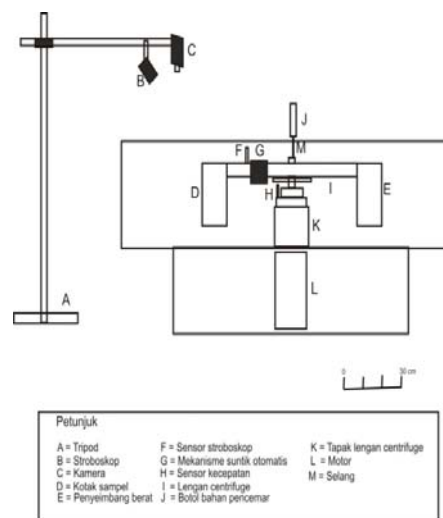
Gambar 1. Sentrifug geoteknis UKM dari arah atas (penutup ditutup)

Komponen utama sentrifug ini antara lain adalah badan, lengan (*arm*), kotak sampel, penyeimbang berat, botol bahan pencemar, motor, kamera dan stroboskop. serta beberapa sensor. Masing-masing komponen utama akan dijelaskan kemudian.



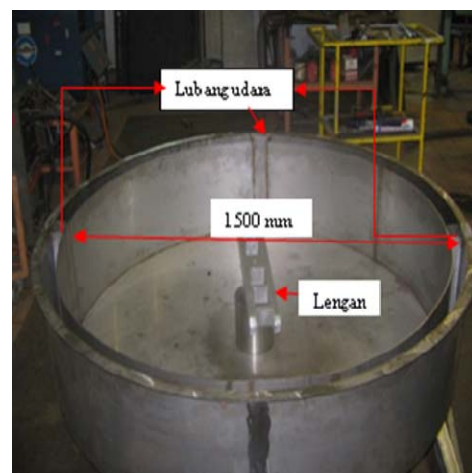
Gambar 2. Sentrifug geoteknis UKM dari arah atas (penutup dibuka)

Komponen-komponen yang ada pada sentrifug geoteknis di UKM adalah: Badan sentrifug geoteknis berbentuk bulat dibuat dari besi tahan karat setebal 3 mm dengan panjang diameter 1500 mm dan tinggi 365 mm. Disekeliling badan ada empat lubang udara dengan ukuran 50 mm x 50 mm yang berfungsi untuk mengeluarkan udara sewaktu sentrifug berputar. Diantara lubang udara terdapat ruang yang diisi dengan spon dan berfungsi untuk menyerap bunyi.



Gambar 3. Sentrifug geoteknis UKM dari arah sisi

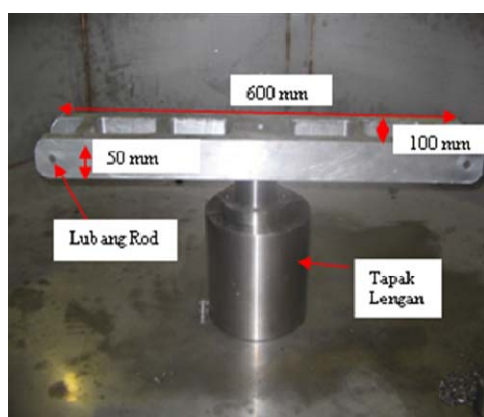
Badan sentrifug adalah tempat diletakkannya lengan (*arm*), kotak sampel dan penyeimbang berat.



Gambar 4. Badan sentrifug (penutup dibuka)

Di atas badan diletakkan tutup yang dapat dibuka separuh sisinya. Tutup sentrifug dibuat dari besi tahan karat dengan tebal 3 mm dan pada salah satu bagiannya dibuat lubang pandang (jendela) yang berfungsi agar kamera dapat merekam gambar pada kotak sampel. Di bawah badan sentrifug diletakkan kotak motor. Badan sentrifug dapat dilihat pada Gambar 4.

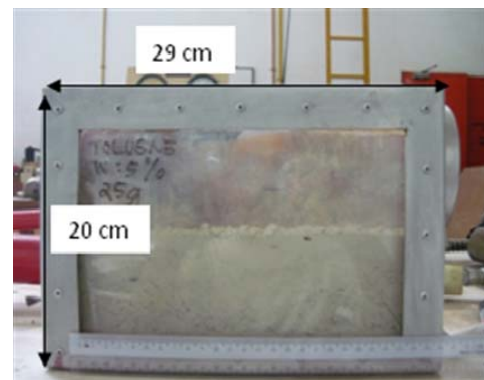
Lengan (*arm*), Lengan berbentuk persegi panjang, dibuat dari aluminium tahan karat padat dengan panjang 600 mm, lebar 100 mm dan tebal 50 mm. Pada lengan dibuat beberapa lubang. Lubang dibuat untuk menguatkan struktur lengan. Lubang yang ditengah berfungsi untuk meletakkan tapak lengan. Lubang-lubang yang lainnya untuk meletakkan alat-alat yang diperlukan pada proses penyuntikan bahan pencemar secara otomatis. Pada kedua bagian ujung lengan, dibuat lubang bulat untuk meletakkan besi (*rod*) untuk kotak sampel dan penyeimbang berat. Rod dibuat dari besi padat dengan ukuran diameter 12.7 mm. Pada bagian bawah lengan diletakkan tapak lengan berbentuk bulat yang terbuat dari besi tahan karat padat dengan tinggi dari alas badan sentrifug adalah 210 mm. Lengan akan berputar sekiranya motor sentrifug dinyalakan. Lengan sentrifug dapat di lihat pada Gambar 5.



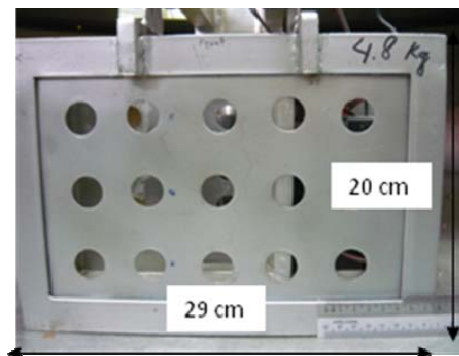
Gambar 5. Lengan sentrifug geoteknis

Kotak sampel dan Penyeimbang Berat diletakkan pada ujung lengan, dengan ujung lengan yang lain diletakkan penyeimbang berat. Kotak sampel dibuat dari aluminium panjang 290mm, lebar

120mm tinggi 200mm dengan bagian depan dibuat daripada *perspex* tebal yang tembus cahaya agar keadaan yang terjadi dalam kotak sampel dapat direkam gambarnya oleh kamera. Kotak sampel dapat memuat sampel sehingga 6 kg. Penyeimbang berat terbuat dari aluminium. Dalam penyeimbang berat diletakkan baterai dan alat-alat listrik lainnya seperti peralatan untuk mencaj baterai. Kotak sampel dan penyeimbang berat ditunjukkan oleh Gambar 6.



(a)



(b)

Gambar 6. Kotak sampel (a) dan penyeimbang berat (b)

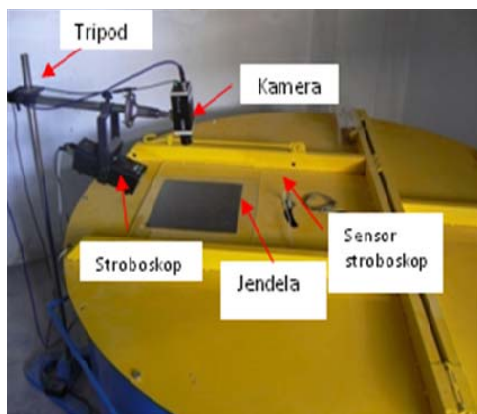
Motor yang dipakai bermerk Branco yang dibuat di Italy dengan berat 7kg dan ini merupakan jenis tiga fase. Kotak motor terletak di bawah badan sentrifug dan disambungkan pada tapak lengan sentrifug dengan tiang yang dipasang sampai bagian atas lengan. Motor mempunyai tenaga 300 watt dengan kecepatan maksimum 1000 putaran perminit (RPM). Gambar 7 menunjukkan motor sentrifug geoteknis UKM.

Kamera dan Lampu Stroboskop yang digunakan bermerk VZOR digital colour video camera. Kamera disambungkan dengan komputer agar dapat melihat pergerakan bahan pencemar pada monitor.



Gambar 7 Motor bermerk branco

Lampu stroboskop ini bermerk ELMED yang diletakkan di bawah kamera. Lampu stroboskop dibutuhkan untuk memberi cahaya sewaktu kamera video mengambil gambar. Kamera dan stroboskop digantungkan pada sebuah tiang besi dan berlainan dengan badan sentrifug, diletakkan diatas lubang pandang (jendela) pada tutup badan sentrifug. Kamera dan lampu stroboskop ditunjukkan oleh Gambar 8.



Gambar 8. Kamera dan stroboskop

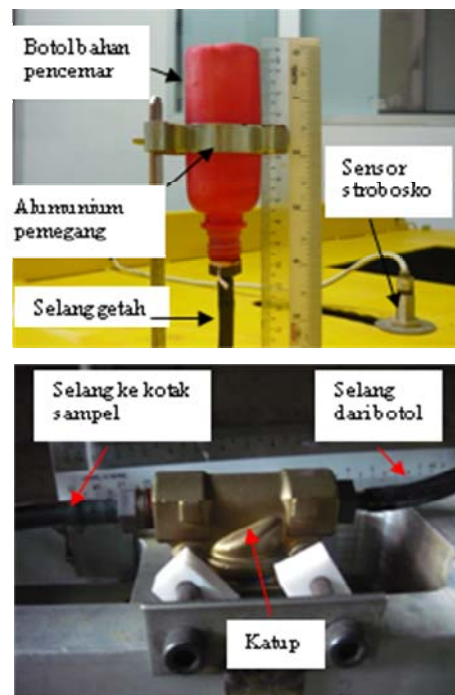
Kotak kontrol adalah kotak yang mengontrol sentrifug geoteknis. Tombol-tombol yang ada pada kotak kontrol terdiri dari tombol *on-off*, *start*, *stop*, *timer* dan bacaan kecepatan sentrifug. Kotak

kontrol diletakkan dalam ruang kontrol yang berdekatan dengan komputer. Kotak kontrol berhubung dengan motor sentrifug dengan menggunakan kabel. Kotak kontrol ditunjukkan oleh Gambar 9.



Gambar 9. Kotak kontrol

Botol bahan pencemar adalah botol untuk meletakkan bahan pencemar dan dibuat dari plastik. Botol ini diletakkan pada bagian tengah di atas badan sentrifug. Selang dibuat dari karet disambungkan pada ujung botol sehingga masuk ke dalam kotak sampel.



Gambar 10. Botol dan katup bahan pencemar

Pada ujung selang diberi pemberat dari besi agar selang tetap berada

dalam kotak sampel sewaktu lengan sentrifug berputar. Katup pada selang dapat terbuka dan tertutup secara otomatis dengan menggunakan *remote control*. Botol bahan pencemar ditunjukkan oleh Gambar 10.

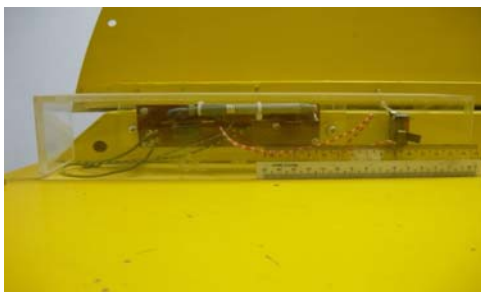
Komputer diperlukan untuk melihat gerakan bahan pencemar dalam kotak sampel secara langsung.



Gambar 11. CPU dan monitor

Komputer ini dipasang dengan perangkat lunak yang sesuai dengan kamera video digital yang digunakan. Spesifikasi komputer adalah: 1.8GHz, 256kb, 512MB DDR2 667 Mhz SDRAM, 80GB hard disk dan 48x CDRW/DVD combo drive. Komputer yang digunakan ditunjukkan oleh Gambar 11.

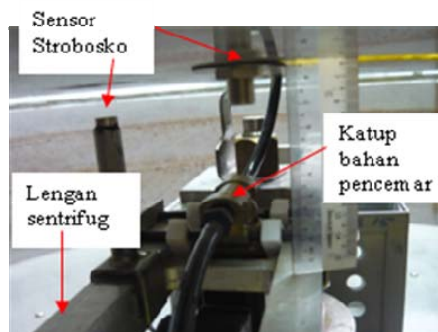
Sentrifug geoteknis UKM dilengkapi juga dengan beberapa sensor yaitu: Sensor Getaran, sensor ini diletakkan pada tutup sentrifug.



Gambar 12. Sensor getaran

Sensor ini berguna apabila sentrifug bergetar kencang maka secara otomatis motor sentrifug akan berhenti.

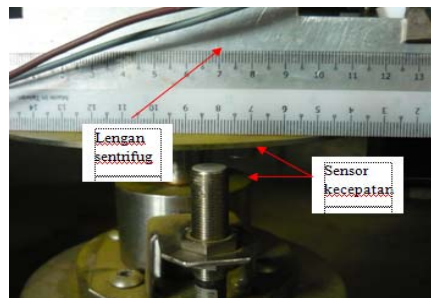
Sensor getaran ini ditunjukkan oleh Gambar 12. Sensor Stroboskop, sensor ini dibuat dari besi bulat dan diletakkan pada lengan sentrifug sebelah kotak sampel.



Gambar 13. Sensor stroboskop

Sensor ini akan memberi tanda pada stroboskop ini untuk memberikan cahaya sekiranya kotak sampel berada pada posisi di bawah lubang pandang (jendela). Hal ini dimaksudkan agar pada monitor hanya terlihat kotak sampel saja sewaktu sentrifug berputar. Sensor stroboskop ditunjukkan oleh Gambar 13.

Sensor Kecepatan, sensor kecepatan berfungsi untuk mengetahui kecepatan sentrifug. Sensor berbentuk piringan dan diletakkan pada sebelah bawah lengan sentrifug. Probe diletakkan di bawah piringan untuk membaca hasil kecepatan. Sensor ini bersambung dengan motor dengan menggunakan kabel. Sensor kecepatan ditunjukkan oleh Gambar 14.



Gambar 14. Sensor kecepatan

Sensor Penutup, sensor penutup berbentuk tombol dan diletakkan di atas lubang udara pada badan sentrifug. Penutup akan menekan sensor jika sentrifug ditutup dengan sempurna. Sensor akan memberi tanda pada motor untuk

tidak akan berputar sekiranya penutup sentrifug tidak tertutup secara sempurna. Sensor penutup ditunjukkan oleh Gambar 15.

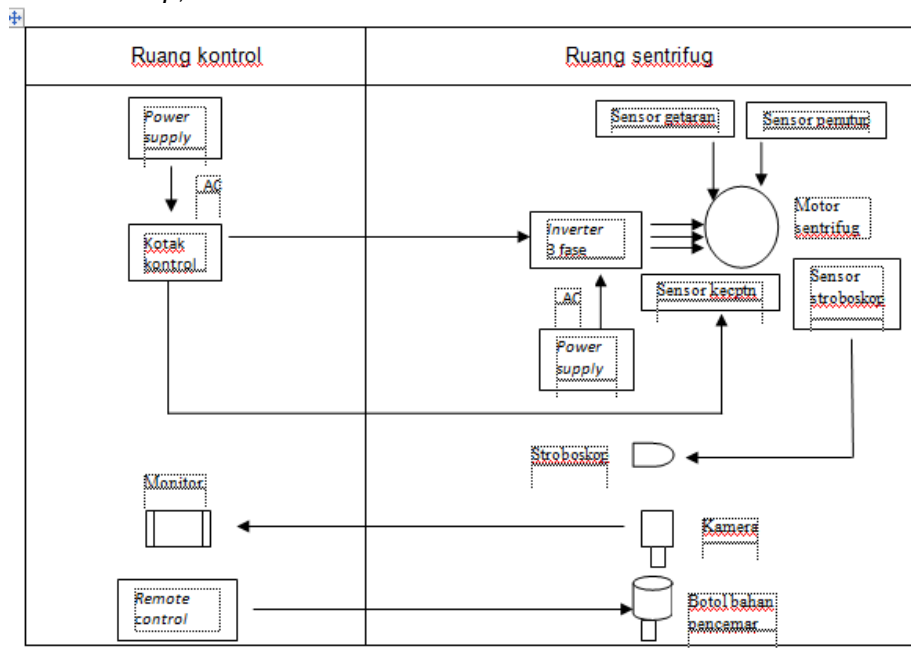


Gambar 15. Sensor penutup

Sistem kelistrikan sentrifug geoteknis ditunjukkan oleh Gambar 16. *Inverter* harus merubah arus satu fase jenis AC (bolak-balik) dari *power supply* menjadi tiga fase agar sesuai dengan motor sentrifug. Motor tersambung dengan sensor getaran dan sensor penutup yang membuat motor tidak berputar sekiranya terjadi getaran yang kencang pada sentrifug atau sentrifug tidak tertutup secara sempurna. Kotak kontrol mengontrol kerja-kerja motor sentrifug melalui tombol *stop*, *start* dan *timer* sesu-

ai dengan keinginan pengguna. Sen-sor kecepatan yang terdapat pada sen-trifug bersambung dengan kotak kontrol supaya kecepatan dari sentrifug dapat ditunjukkan di kotak kontrol. Sensor stroboskop dipasang pada lengan sentrifug dan akan memberikan isyarat kepada stroboskop kapan waktunya untuk memberi cahaya. Kamera video bersambungkan pada CPU komputer sehingga dapat melihat pergerakan bahan pencemar secara langsung pada monitor. Botol bahan pencemar disambungkan dengan *remote control* dengan prinsip tanpa kabel sehingga katup dapat membuka atau menutup secara otomatis.

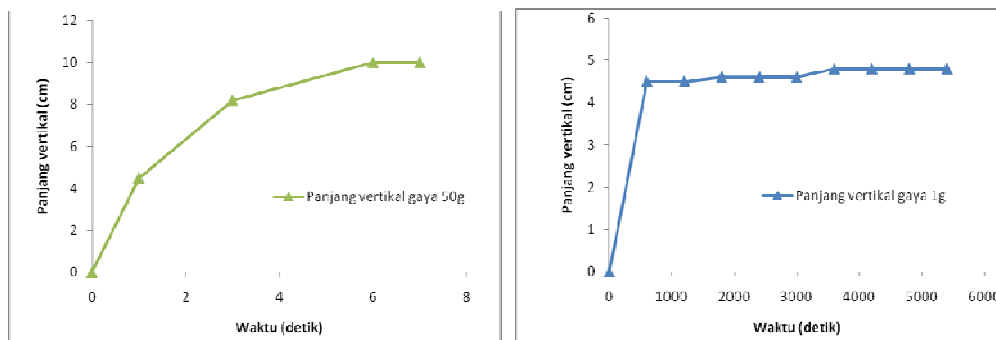
Aplikasi Sentrifug Ukm Dalam Kajian Lingkungan, sentrifug yang dibuat di UKM sudah digunakan dalam kajian lingkungan tentang bagaimana perbandingan pergerakan bahan pencemar pada gaya 1gr dan 50gr. Semua percobaan menggunakan 2kg tanah dan 40ml bahan pencemar jenis trikloroethylene (TCE). Percobaan menggunakan sentrifug untuk memperoleh gaya 50g. Tanah dimasukkan dalam kotak sampel, kemudian TCE disuntikkan pada kotak sampel. Panjang pergerakan TCE dalam tanah diukur melawan waktu. Hasil pengukuran dapat dilihat pada Gambar 17.



Gambar 16. Diagram sistem kelistrikan

Pada gaya 50g, 1detik setelah disuntik menghasilkan panjang 4.5cm dan pada gaya 1g, panjang 4.5cm diperoleh pada waktu 10 menit. Hal ini menunjukkan bahwa pada ujian ini, 1 detik pada

gaya 50g adalah sama dengan 10 menit pada gaya 1g atau penambahan gaya gravitasi menjadi 50g menyebabkan pergerakan TCE menjadi 600 kali lebih cepat berbanding 1g.



Gambar 17. Hasil pengukuran panjang TCE melawan waktu

KESIMPULAN

Sentrifug geoteknis Universiti ini Kebangsaan Malaysia sudah digunakan untuk berbagai penelitian terutamanya dalam bidang geologi lingkungan dan teknik sipil. Dari hasil penelitian didapat bahwa sentrifug dapat digunakan untuk mengetahui pergerakan bahan pencemar dan kestabilan lereng sehingga dapat disimpulkan bahwa sentrifug ini dapat digunakan sebagai pemodelan fisikal dalam percobaan.

TERIMA KASIH

Penelitian ini adalah bagian dari projek penelitian yang dibiayai oleh Kementerian Sains, Teknologi dan Inovasi Malaysia (MOSTI) E-Science Fund (04-01-02-SF0153).

DAFTAR PUSTAKA

- Barth, G.B., Illangasekare, T.H. & Rajaram, H. 2003. The effect of entrapped nonaqueous phase liquids on tracer transport in heterogeneous porous media: laboratory experiments at the intermediate scale. *Journal of Contaminant Hydrology* 67: 247– 268.
- Esposito, G., Allersma, H.G.B & Selvadurai, A.P.S. 1999. Sentrifug modeling of LNAPL transport in partially saturated sand. *Journal Geotechnical and Geoenvironmental Engineering* 125 (12): 1066-1071.
- HDR Engineering. 2001. *Handbook of Public Water System*. New York: John Wiley and Sons, Inc.
- Hu, L. M., Irene, M. C. L. & Meegoda, J. N. 2006. Sentrifug testing of NAPL migration and soil vapor extraction for soil remediation. *Practice Periodical of hazardous, Toxic, and Radioactive Waste management* 10 (1): 33-39.
- Kumar, P.R. 2006. An experimental methodology for monitoring contaminant transport through geotechnical sentrifug models. *Environmental Monitoring and Assessment* 117: 215-233.
- Lo, I.M.C., Hu, L.M. & Meegoda, J.N. 2004. Sentrifug modeling of light nonaqueous phase liquids transport in unsaturated soils. *Journal of Geotechnical and Environmental Engineering* 130 (5): 535-539.
- Mukhlisin, M., Ilyas Idris, Z. Wan, Y Wan, R.T Mohd. 2011. Soil slope deformation in relation to soil water interaction in based on sentrifug physical modeling. *International Journal Physical Science* 6 (13): 3126-3133.
- Marto, A, Makhtar, A.M, Kassim K.A, Yaacob W.Z & Muhardi. 2009. Physical Modelling of Fly Ash

- Embankmentin Mini geotechnical Sentrifug. *Prosiding International Conference of Sustainable Infrastructure and Built Environment in Developing Countries*: 76-82. Bandung.
- Nambi, I.M. & Powers, S. E. 1999. NAPL dissolution in heterogeneous system: an experimental investigation in a simple heterogeneous system. *Journal of Contaminant Hydrology* 44 : 161-184.
- Schnoor, J.L. 1996. *Environmental modeling: Fate and Transport of Pollutants in Water, Air and Soil*. New York: John Wiley and Sons, inc.
- Soga, K., Kawabarata, J., Kechavarzi, C., Coumoulos, H. & Waduga, W.A.P. 2003. Sentrifug modelling of nonaqueous phase liquid movement and entrapment in unsaturated layered soils. *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering* 129 (2): 173-182.
- Wilson, D.J. & Clarke, A.N(editor). 2004. *Hazardous waste site soil remediation*. New York: Marcel Dekker Inc.