

EKSPERIMENTAL PENGUKURAN KEPADATAN BASE COURSE DENGAN ALAT SAND CONE DAN NUCLEAR DENSITOMETER TEST

Supardin

Staf Pengajar Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Lhokseumawe

Teuku Riyadhshyah

Staf Pengajar Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Lhokseumawe

Risma Agustina

Alumni Prodi D4 Rekayasa Bangunan Transportasi Politeknik Negeri Lhokseumawe

ABSTRAK

Material or base course pavement material consists of aggregate based on the well proportioned so that the density obtained in provides support on the road. This study aims to measure the achievement of the density of base course with a sand cone and nuclear densitometer. Case studies carried out on the road Banda Aceh - Calang along 1 km from sta 76 +510 s / d 77 +650 with the testing interval is 50 m. The results of the sand cone test parameters such as: water content (w) = 6.34%, by weight content of the soil (ρ_b) = 2.36 gr/cm³, dry unit weight (ρ_d) = 2.25 gr/cm³, Volume holes = 1671.68 gr/cm³ and the degree of density (Dr) = 99.60%, while the nuclear densitometer test results such as: water content (w) = 4.12%, by weight content of the soil (ρ_b) = 2.38 gr/cm³, dry unit weight (ρ_d) = 2.41 g / cm³, and the degree of density (Dr) = 100.01%. Validation of measurements according to sig. (2-tailed), ie 0546 > 0050 α , then there is no significant difference in density between the two tools. Results of testing sand cone and nuclear densitometers have 0.4% difference, then both the above test methods can be used. The advantage when using sandcone time it takes relatively longer and cost less, while for the testing of nuclear densitometer test time required faster and more expensive.

Keywords: density, sandcone and nuclear densitometer

PENDAHULUAN

Pemadatan tanah dapat didefinisikan sebagai salah satu metode mekanis untuk meningkatkan kepadatan tanah. Hampir semua jenis proyek jalan perlu adanya proses timbunan dan pemadatan. Pengujian di lapangan untuk mengukur kepadatan tanah dapat bersifat *destruktif* dan *non-destruktif*. Pengujian *destruktif* yaitu pengujian dengan cara merusak perkerasan sehingga menurunkan nilai daya dukung lapisan, biasanya diukur dengan menggunakan metode kerucut pasir (*sand cone*). Pengujian *non-destruktif* yaitu pengujian dengan cara tidak merusak perkerasan yaitu dengan memakai peralatan radiasi (metode nuklir).

Prinsip pengukuran dengan alat-alat nuklir relatif sederhana sebab sumber energi nuklir menyediakan sinar gamma dan neutron-neutron berkecepatan tinggi. Sinar-sinar gamma dipantulkan ke derajat ketergantungan densitas bahan yang dilaluinya, tempat sinar-sinar tersebut merambat. Neutron-neutron berkecepatan tinggi diperlambat akibat sentuhan dengan atom hydrogen, jadi lebih banyak neutron yang diperlambat jika tanah yang diberikan mempunyai kandungan air yang lebih tinggi. Intensitas sinar-sinar gamma yang terpantul dan neutron-neutron yang diperlambat diukur secara terpisah dengan tabung pencacah *Geiger Muller*. Pembacaan meteran diubah secara mudah ke densitas dan persentase kelembaban dengan menggunakan kurva-kurva kalibrasi atau *mikroprosesor*. Beberapa perwakilan juga menggunakan alat ukur nuklir untuk mengukur kelembaban dan densitas pada kedalaman yang berkisar dari 1 – 20 ft. Persoalan-persoalan dengan peralatan generasi pertama yang

tidak mapan, hasil-hasil yang perlu ditanyakan, dan hasil yang kurang baik telah memperlambat penyebaran alat-alat ini (Clarkson, 1996).

Hasil-hasil pengujian di laboratorium seperti pengujian kadar air, berat jenis, berat isi tanah, dan berat volume dapat ditentukan. Pengujian kepadatan ini telah menunjukkan secara jelas, bahwa hubungan kelembaban densitas berubah sesuai dengan jenis tanah dan usaha-usaha yang bersifat pemadatan. Ketepatan nilai dan efisiensi penelitian pada *base course* sangatlah dibutuhkan mengingat perkembangan teknologi yang mutakhir. Metode yang sering digunakan untuk menentukan nilai kepadatan tanah adalah *sand cone* dan *nuclear densitometer*. Hasil yang diperoleh dari pengujian kepadatan disyaratkan yaitu > 98%. Penelitian ini bertujuan untuk mengukur derajat kepadatan tanah dengan menggunakan alat *sand cone* dan *nuclear densitometer*.

Oglesby (1996) menjelaskan bahwa bentuk partikel tanah yang besar seperti yang ditemukan di alam sering menunjukkan kekuatannya dan keliatannya. Partikel-partikel bulat didalam cadangan aliran mengalami kikisan yang mungkin sangat kuat. Partikel-partikel yang datar dan bersiku-siku, sehingga mudah lemah dan mudah pecah, dan tidak cocok untuk berbagai pemakaian. Sukirman (1999) menyatakan bahwa material yang digunakan untuk *base course* adalah material yang cukup kuat. Untuk *base course* tanpa bahan pengikat umumnya menggunakan material dengan CBR > 50% dan plastisitas indeks (PI) < 4%. Bahan-bahan alam seperti batu pecah, kerikil pecah, stabilitas tanah dengan semen dan kapur dapat digunakan sebagai *base course*. Hasil penelitian craig (1986) menjelaskan bahwa Kepadatan adalah proses naiknya kerapatan tanah dengan memperkecil jarak antara partikel sehingga terjadi reduksi volume udara : tidak terjadi perubahan volume air yang cukup berat pada tanah ini. Pada pelaksanaan urugan (*fill*) dan timbunan (*embankment*), tanah yang bersifat lepas di tempatkan lapis demi lapis dengan rentang ketebalan antara 75 mm dan 450 mm, tiap lapis di padatkan pada standar tertentu dengan alat mesin gilasp (*roller*), penumbuk (*hammer*) atau penggetar (*vibrator*).

Pengujian kerucut pasir (*sand cone*)

Pengujian kepadatan lapangan dengan menggunakan peralatan *Sand Cone* merupakan pengujian *destruktif*. Kepadatan lapangan ditentukan dengan melakukan penggalian pada tanah yang telah dipadatkan sesuai dengan persyaratan yang di inginkan. Tanah diambil dari tanah galian di tentukan beratnya (W_s). Agar kadar air tanah nya tidak menguap maka pada saat penggalian tanah basah langsung dimasukkan dalam kantong plastik atau tabung tertutup. Selanjutnya tanah dioven pada suhu 105°C selama 24 jam untuk mengetahui kadar airnya (W). Jika berat volume kering pasir *ottawa* di ketahui, maka dengan peralatan *sand cone*, kepadatan tanah lapangan ($\gamma_d \text{ lap}$) dapat ditentukan.

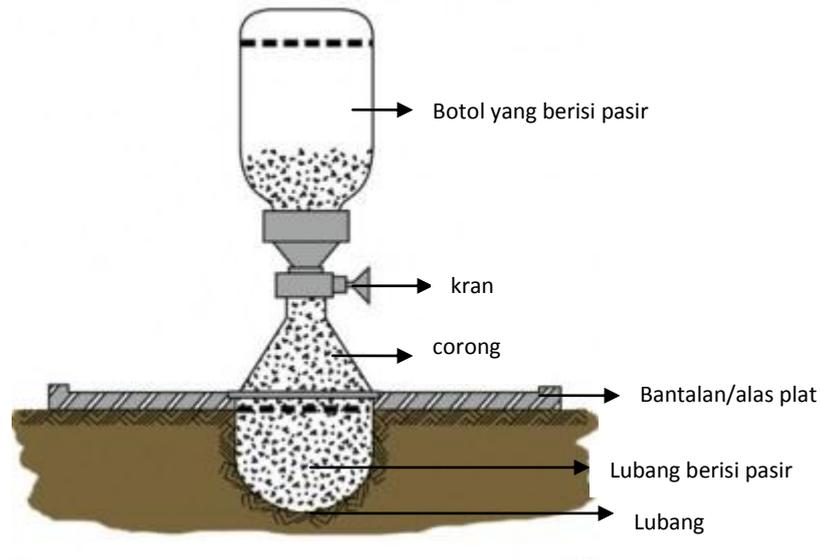
Untuk memperoleh hasil pengujian yang akurat, berikut ini ditampilkan syarat volume galian, berat galian dan diameter butir maksimum yang diperlukan pada suatu pengujian kepadatan di lapangan dengan menggunakan peralatan *sand cone*.

Tabel 1. Syarat Isi Galian Tanah Sekitar Lubang

Ukuran Butir Maksimum(mm)	Volume minimum (cm ³)	Berat contoh (gram)
0,42	1700	100
12,70	1900	250
25,40	2100	500
50,80	2800	1000

Sumber: Syaifuddin (2006)

Uji *sand cone* pada tanah dilakukan untuk menentukan kepadatan *in situ* dari lapisan tanah atau perkerasan yang telah dipadatkan. Alat yang diuraikan disini hanya terbatas untuk tanah yang mengandung butiran kasar tidak lebih dari 50 mm. Kepadatan lapangan ialah berat kering persatuan isi.



Gambar 1 Alat Uji *Sand Cone*

Sand cone digunakan untuk menentukan kepadatan tanah yang dapat digali pada kondisi yang stabil dengan perkakas tangan. Pasir *ottawa* digunakan untuk menentukan volume lubang.

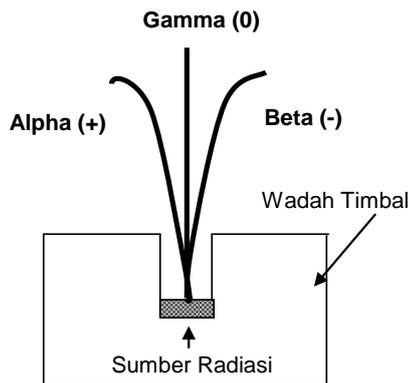
Metode *sand cone* terdiri atas sebuah botol plastik atau kaca dengan sebuah kerucut logam dipasang di atasnya. Botol plastik dan kerucut ini diisi dengan pasir *Ottawa* kering bergradasi buruk. Berat dari tabung, kerucut logam, dan pasir yang mengisi botol tertentu. Pada lapangan, sebuah lubang kecil digali pada permukaan tanah yang telah dipadatkan. Timbang berat tanah basah dari galian lubang tersebut dan ukur kadar airnya, maka berat kering dari tanah dapat dihitung.

Masalah-masalah yang sering dijumpai dalam pengujian *sand cone*, antara lain adalah:

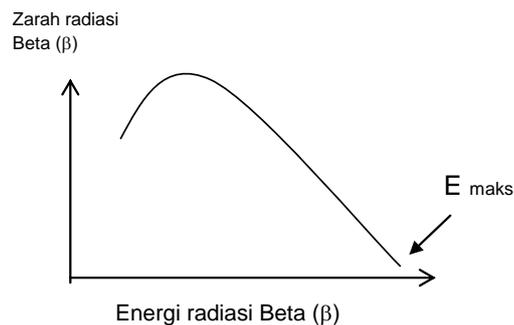
1. Waktu yang lama dalam menentukan kadar air dengan memakai oven untuk pengeringan. Oven khusus dan alat-alat yang memakai bahan - bahan kimia guna menghasilkan tekanan gas yang berhubungan dengan kadar air telah tersedia untuk mengurangi waktu dalam menentukan w.
2. Penimbunan kembali lubang. Sering hal ini bukan merupakan suatu hal yang kritis, tetapi pada inti bendungan dan konstruksi yang sejenis, mungkin diinginkan untuk menimbun kembali dan memadatkan lubang uji tersebut dengan cukup teliti.
3. Kurangnya perhatian terhadap hal-hal kecil sehingga berat isi yang diukur akan kurang tepat. Dengan kesalahan teknisi yang kecil saja akan dapat dihasilkan tanah yang tidak memenuhi spesifikasi pemadatan, karena volume lubang uji adalah sedemikian kecilnya.

Pengujian Kepadatan Nuklir

Pengetahuan tentang teknologi nuklir akan menjadi jelas dan menarik apabila pengetahuan tentang jenis radiasi diketahui dengan baik. Pembahasan tentang jenis radiasi atau macam radiasi tidak bisa terlepas dari struktur atom. Tetapi sebelum sampai kepada pembahasan lebih lanjut mengenai jenis atau macam radiasi, ada baiknya kita melihat terlebih dahulu bahwa pancaran partikel radiasi dari suatu bahan radioaktif ternyata dipengaruhi oleh medan magnet. Dengan menggunakan medan magnet akan diketahui bahwa secara garis besar jenis atau macam radiasi dibagi 3, yaitu:



Gambar 2. Radiasi mengalami pembelokan karena medan magnet



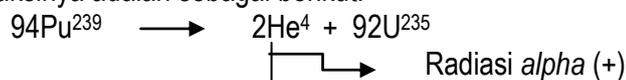
Gambar 3. Bentuk *spectrum energy beta* (β)

1. Radiasi Alpha (+) dipengaruhi medan magnet bermuatan negatif (-)
2. Radiasi Beta (-) dipengaruhi medan magnet bermuatan positif (+)
3. Radiasi Gamma (0) tidak dipengaruhi medan magnet.

Pembagian jenis radiasi tersebut didasarkan pada percobaan pancaran partikel radiasi yang diletakkan pada suatu medan magnet sebagai berikut (Gambar 2)

1. Radiasi *Alpha* (+)

Radiasi *alpha* (+) pada umumnya dipancarkan oleh elemen berat, yaitu unsur yang nomor massanya besar, tetapi tenaga ikatannya rendah. Tenaga ikat yang dimaksud yaitu tenaga ikat antara elektron terluar dan inti atom. Unsur yang memancarkan radiasi *alpha*, nomor massanya akan berkurang 4 dan nomor atomnya berkurang 2 sehingga radiasi *alpha* disamakan dengan pembentukan inti *helium* yang bermuatan +2 dan massanya 4. Contoh radiasi *alpha* adalah peluruhan *plutonium* (Pu) yang persamaan reaksinya adalah sebagai berikut:



Radiasi *alpha* ini daya jangkauannya atau daya tembusnya sangat rendah sekali. Hal ini disebabkan karena radiasi *alpha* bermassa 4 dan bermuatan positif, padahal di alam banyak sekali bermuatan negatif, sehingga mudah sekali dihentikan oleh elektron-elektron tersebut. Geraknya juga lambat karena massanya 4 (relatif berat). Radiasi *alpha* memiliki jangkauan di udara yang sangat pendek, sekitar 2-3 cm, sehingga untuk perlindungan diri (proteksi radiasi) terhadap *alpha*, pancaran radiasi *alpha* bias dihentikan dengan ditutup memakai sehelai kertas.

2. Radiasi *Beta* (-)

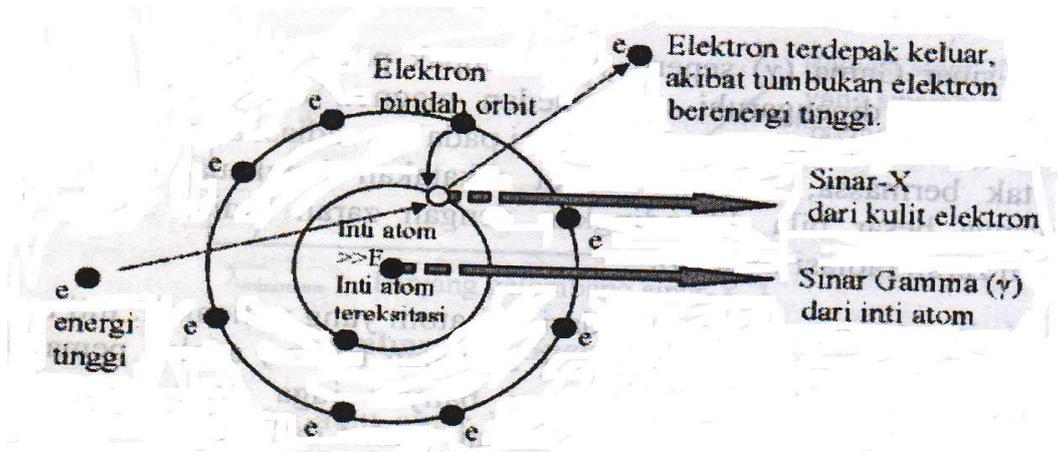
Radiasi *beta* (-) sebenarnya ada 2 macam, yaitu *beta* min dan *beta* plus yang keduanya memiliki sifat yang berlainan. Radiasi *beta* min disamakan sifatnya dengan pancaran

berkas elektron dari suatu atom sehingga sering dinamakan juga sebagai radiasi elektron negatif. Radiasi *beta* min pada umumnya disertai juga dengan radiasi *gamma*, kecuali *phosphor* yang merupakan zat radioaktif pemancar radiasi beta murni. Pada umumnya penyebutan radiasi *beta* yang dimaksudkan adalah *beta* min, karena keberadaan dan banyaknya radiasi *beta* min di alam ini lebih dominan dari pada *beta* plus. Dengan menggunakan alat *spektrofotometer* dapat diketahui bahwa zarah radiasi beta (baik yang beta min maupun yang beta plus) mempunyai bentuk spektrum energi yang sinambung (*continuous*), seperti Gambar 3. Zarah radiasi *beta* yang merupakan campuran antara zarah radiasi *beta* min berupa elektron dan *beta* plus berupa positron, rata-rata energinya terdiri atas elektron sebesar $\frac{1}{3} E_{\text{maks}}$ dan positron sebesar $0.4 E_{\text{maks}}$.

3. Radiasi Gamma (γ)

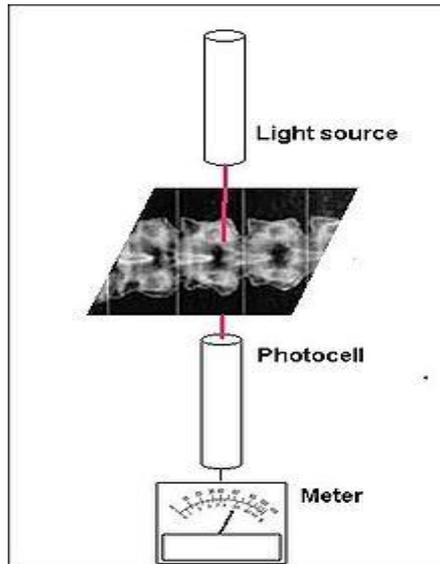
Radiasi sinar gamma (γ) seperti yang tampak pada Gambar (4) ternyata tidak dipengaruhi oleh medan magnet, berarti radiasi sinar gamma (γ) tidak bermuatan. Selain dari pada itu, radiasi sinar gamma (γ) juga tak bermassa, sehingga dapat dikatakan jangkauan atau daya tembusnya besar bila dibandingkan dengan zarah radiasi *alpha* maupun zarah radiasi *beta*. Radiasi sinar (γ) berasal dari inti atom yang radioaktif. Inti atom yang radioaktif ini pada umumnya adalah pemancar zarah radiasi *beta*. Radiasi sinar gamma banyak juga yang merupakan pemancar zarah radiasi *alpha*.

Perbedaan antara zarah radiasi sinar-x dan zarah radiasi sinar gamma, walaupun keduanya sama-sama tak bermuatan dan juga tak bermassa. Untuk lebih jelasnya, berikut ini diberikan ilustrasi melalui Gambar 4.



Gambar 4. perbedaan asal sinar-x dan sinar gamma.

Alat uji kepadatan nuklir sekarang telah digunakan pada beberapa proyek besar untuk menentukan berat volume kering dari tanah yang dipadatkan. Alat ini dapat dioperasikan di dalam sebuah lubang galian atau pada permukaan tanah. Alat ini dapat mengukur berat tanah basah per satuan volume dan juga berat air yang ada pada suatu satuan volume tanah. Berat volume kering dari tanah dapat di tentukan dengan cara mengurangi berat basah tanah dengan berat air per satuan volume tanah (Das dkk, 1995).



Gambar 5. Tampilan Sinar yang Bekerja dalam Alat Troxler

Nuclear densitometer digunakan untuk mengukur kepadatan tanah dengan mengukur kekuatan radiasi gamma yang dipancarkan saat melewati proses materi. Penyerapan radiasi berbanding lurus dengan kepadatan materi. *densitometer* nuklir sangat akurat dan stabil, tetapi mahal. Penggunaan sumber radioaktif membutuhkan pemantauan berkala dan prosedur darurat.

Penggunaan teknik nuklir untuk maksud tersebut sudah banyak dilakukan, namun banyak pula yang masih awam terhadap aplikasinya di lapangan. Menurut Simon (1992) menyatakan bahwa "Pengetahuan tentang kepadatan tanah amat penting untuk dapat menilai sejauh mana suatu jenis tanah dapat di manfaatkan sebagai bahan konstruksi. Kepadatan tanah sangat erat hubungannya dengan kadar air yang terkandung dalam tanah tersebut. Kedua hal tersebut, harus dapat di teliti secara seksama. Dan pekerjaan ini memerlukan penerapan teknik nuklir untuk mengukur kepadatan tanah tersebut".

Pengukuran kepadatan tanah masih sering dijumpai dengan teknik konvensional. Pada hal teknik konvensional itu sendiri ada beberapa kelemahan, yaitu : pengukuran dilakukan dengan cara merusak (*destructive*), hasil ukuran mengalami penyimpangan lebih rendah dari yang didapat di laboratorium, lama pengukuran yang teliti memerlukan waktu rata-rata 90 menit per titik pengukuran. Hal ini, menurutnya, sangat berbeda dengan mengutamakan teknik nuklir sebagai cara yang akurat untuk menentukan kepadatan tanah.

Keunggulan teknik nuklir antara lain:

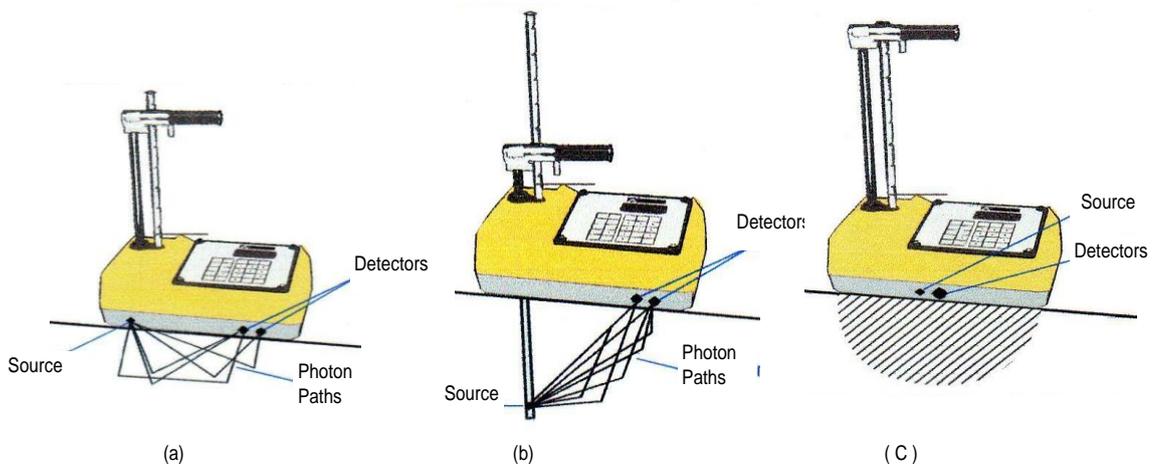
1. Pengujian tanpa merusak,
2. Hasil pengukuran sesuai dengan yang dilakukan di laboratorium dan
3. Lama pengukuran hanya diperlukan waktu 15 menit, berarti 6 kali lebih cepat dari cara konvensional.

Densitas sampel material didefinisikan sebagai jumlah massa benda terhadap suatu volume tertentu dari sampel. Bahan tersebut menjadi lebih padat sebagai jumlah bahan per satuan volume meningkat. Densitas bahan dipengaruhi oleh suhu dan tekanan tetapi pada sebagian besar aplikasi efek dari tekanan dapat diabaikan dan tidak akan dipertimbangkan. Suhu merupakan variasi terukur pada kepadatan, khususnya dalam zat cair dan gas.

Beberapa faktor yang harus dipertimbangkan untuk mengukur kepadatan adalah:

- Lingkungan
- Tampilan dan Transmitter pilihan
- Pipa atau aplikasi Kapal
- Proses karakteristik bahan
- Biaya.

Salah satu alat yang digunakan dalam pengujian nuklir adalah *Troxler 3430*. *Troxler – 3430* adalah pengembangan dari model 3440 yang beroperasi dengan standar ASTM D2922, D3017, D2950, dan C1040. Dalam melakukan pengujian, *troxler – 3430* memanfaatkan interaksi yang terjadi dari efek gamma dan neutron terhadap material yang menjadi objeknya, dengan tujuan untuk mendapatkan nilai kepadatan / “*density*”, dan kadar air / “*moisture content*” yang akurat, dan cepat, melalui 2 (dua) cara : “*Direct Transmission*” dan “*Backscatter*” seperti yang terlihat pada gambar dibawah ini:



Gambar 6. a) Backscatter; b) Transmision; c) Moisture Detection

Backscatter sangat sukar diuraikan dan cepat. Radiasi gamma dan detektor tinggal didalam ukuran yang mana sisa material diatas permukaan sinar gamma masuk untuk menguji material untuk mencapai hasil yang dihitung oleh detektor. *Backscatter* mula-mula digunakan untuk menentukan kepadatan yang ditempatkan di aspal dan beton kira-kira 4” kedalaman/tebalnya (Gambar 6a).

Direct transmission, posisi sinar gamma harus sesuai dengan kedalaman material yang diuji berdasarkan tinggi lubang. Sinar gamma memindahkan hamburan pengujian material untuk ditempat detektor dengan ukuran kepadatan rata-rata berdasarkan sinar gamma dan detektor yang digunakan (Gambar 6b).

Nilai kadar air / *moisture content* berhubungan dengan campuran *Americium-241: Beryllium* (Am-241:Be), yaitu memancarkan (*scatt*) “*fast neutron*” memasuki material uji, dan terjadi tubrukan-tubrukan dengan atom-atom hidrogen yang dikandung material uji yang menjadikan pergerakan “*fast neutron*” menuju detektor menjadi diperlambat dan memanasi. Detektor *Helium-3* (He^3), segera menghitung yang kemudian ditampilkan angkanya pada LCD, sebagai nilai “*Moisture Count*” (Gambar 6c).

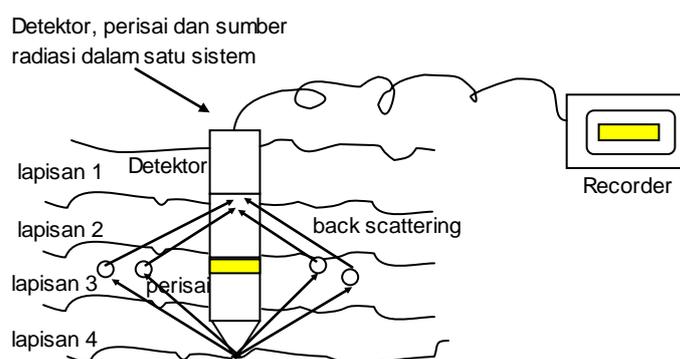
Ketebalan material uji adalah merupakan alasan utama bagi operator dalam memilih cara pengujian. Cara pengujian “*Direct Transmission*”, biasanya di pilih karena, pertimbangan material yang akan di uji : tebal (>10 cm), sehingga batang “*tungsten*” harus menembus nya melalui lubang uji yang telah di persiapkan sebelumnya (seperti : lapisan tanah urug, aspal tebal, dll), yang secara sederhana di gambarkan dengan interaksi sejumlah photon yang

dipancarkan (“emitted”), yang harus melewati partikel–partikel material untuk mencapai dan di hitung detektor GM.

Sedangkan cara pengujian “Backscatter”, dipilih karena pertimbangan material yang akan di uji: tipis (<10 cm), sehingga ujung batang “tungsten” hanya perlu menempel permukaan uji (seperti: lapisan aspal, overlay, beton, dll). Yang secara sederhana juga dapat di gambarkan dengan interaksi sejumlah photon yang dipancarkan (“scatt”) dan memantul (“reflexed”) setidaknya satu kali sebelum di hitung oleh detektor GM.

Pengukuran kepadatan lapisan suatu sistem atau proses logging

Prinsip pengukuran kepadatan lapisan suatu sistem ini hampir mirip dengan pengukuran kecepatan pengendapan lumpur didalam air, hanya saja radiasi yang ditangkap oleh detektor bukan karena adanya *atenuasi* (penyerapan), tetapi oleh karena adanya hamburan balik (*back scattering*) dari kepadatan lapisan suatu sistem. Prinsip pengukuran seperti ini sering disebut sebagai proses *logging*. Perkembangan proses logging ini kemudian dapat digunakan untuk menerjemahkan arti kepadatan lapisan suatu sistem sebagai “lapisan minyak”, “lapisan gas”, atau lapisan tambang mineral lainnya. *Logging* sering digunakan dalam pengeboran lapisan tanah dari hanya beberapa meter sampai ribuan meter dibawah permukaan tanah. Prinsip proses *logging* secara garis besar (Gambar 7)



Gambar 7. Proses Logging

Keuntungan-keuntungan metode *nuclear* dibandingkan dengan metode *sand cone* yaitu:

1. Mengurangi waktu yang diperlukan untuk pengujian dari sehari menjadi beberapa menit, dengan demikian meniadakan kelambatan yang berlebihan;
2. Tidak memerlukan pengambilan contoh tanah dari tempat pengujian;
3. Memberikan cara penyelenggaraan pengujian kepadatan pada tanah yang mengandung agregat berukuran besar dan pada bahan-bahan yang membeku;
4. Mengurangi atau meniadakan pengaruh unsur perorangan, dan kesalahan-kesalahan yang mungkin terjadi, atau yang dapat terjadi dalam penyelenggaraan pengujian-pengujian proktor.

METODE PENELITIAN

Adapun pelaksanaan penelitian meliputi hasil pemeriksaan sifat-sifat fisis tanah dan sifat-sifat mekanis tanah. Sifat-sifat fisis tanah antara lain yaitu: kadar air, berat jenis, berat isi pasir, berat isi kering tanah, dan derajat kepadatan.

Cara pengujian Alat nuklir (Troxler-3430)

A. Penentuan parameter Alat uji:

Sebelum melakukan pengujian, pastikan parameter alat uji telah *tersetting* dan benar. Tahapan pengujian adalah:

1. waktu pengujian 15 detik, 1 menit, atau 4 menit, lalu tekan *start*, dan *enter*.
2. Kedalaman uji adalah kedalaman 98 % *neutron* lepas sebelum di hitung detektor.
3. Masukkan nilai marshall: "MA" (untuk aspal, beton) atau nilai proktor, yang di dapat dari hasil uji laboratorium.

B. Pemilihan permukaan uji:

Dengan alasan untuk keakuratan nilai uji:

1. Permukaan uji harus dipilih bebas, bersih, dari lubang besar, retakan, dan sampah;
2. Radius 3 meter dari titik uji bebas dari lalu lintas seperti: manusia, binatang, dan kendaraan;
3. Radius 10 meter dari titik uji bebas dari sumber radiasi;
4. Pastikan selama pengujian, lokasi titik uji tidak bergetar;
5. Pastikan kedalaman titik uji tidak berada di antara 2 lapisan material yang berbeda, seperti: *base course* dan tanah, *asphalt* dan *base course*;
6. Pastikan bahwa dasar alat duduk pada permukaan uji *base course*, bukan pada material halus pengisi pori;
7. Pastikan batang "*tungsten*" telah sesuai kedalamannya, klik, dan sesak.

C. Pembuatan lubang titik uji:

1. Tentukan letak titik uji, ratakan, dan haluskan pori permukaannya;
2. Letakkan "*scraper plate*," pijak, kemudian susun urutan "*extraction tool*" dan "*drill rod*";
3. Masukkan "*drill rod*" ke "*drill rod guide*", lalu tancapkan "*drill rod*" dengan memukulnya dengan palu, sehingga tertanam ± 5 cm lebih dalam dari kedalaman / ketebalan test yang di inginkan ("*marking*" kedalaman pada "*drill rod*" sudah termasuk tambahan ± 5 cm);
4. Dengan diameter "*drill rod*" yaitu ± 3 cm;
5. "*marking*" letak "*scraper plate*" dan as "*drill rod*" pada permukaan uji;
6. Tarik "*drill rod*" dari lubang uji, gunakan "*extraction tool*" dengan gerakan berputar dan menarik ke atas. Hindari tarikan kejut, serta tidak diijinkan dengan cara mengetuk-ngetuk "*drill rod*",
7. Dengan hati-hati, angkat "*scraper plate*", kemudian letakkan alat uji tepat pada "*marking*"nya, dengan perlahan turunkan batang "*tungsten*" hingga kedalaman yang diinginkan / sesuai "*marking* alat" (klik akan terdengar apabila batang "*tungsten*" telah terkunci pada posisi yang benar).
8. Pastikan batang "*tungsten*" telah sesak menyentuh dinding lubang uji.
9. Pengujian siap dilakukan.
10. Catat hasil nya: WD, DD, %PR, Moist, %Moist, Air Void, Void Ratio, MOIST CR, DENS CR, M Count, D Count, = 10 nilai.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengukuran nilai kepadatan tanah dari kedua metode uji ditampilkan pada Tabel

1. Jumlah titik pengamatan sejumlah 21 titik dengan panjang jalan 1 km (sta. 76+510 s/d 77+650).

Tabel 1. Hasil Pengujian Metode *Nuclear* dan *Sand Cone*

No	Sta (m)	Metode Nuclear density				Metode Sand cone				
		Berat isi tanah (γ_b) (gr/cm^3)	Berat isi kering (γ_d) (gr/cm^3)	Kadar air (w) (%)	Derajat kepadatan (%)	Berat isi tanah (γ_b) (gr/cm^3)	Berat isi kering (γ_d) (gr/cm^3)	Kadar air (w) (%)	Volume lubang (gr/cm^3)	Derajat kepadatan (Dr) (%)
1	76+510 (R/S)	2.44	2.34	4.2	101.8	2.28	2.39	4.9	1979.8	99.7
2	76+560 (R/S)	2.36	2.28	3.4	100.3	2.3	2.43	5.5	1871.6	100.3
3	76+610 (R/S)	2.38	2.2	4	99.6	2.28	2.4	5.2	1745.3	99.8
4	76+660 (R/S)	2.36	2.3	3.7	100.2	2.27	2.3	5	1716.7	99.7
5	76+710 (R/S)	2.36	2.28	3.5	99.4	2.27	2.4	6.1	1964.4	99.8
6	76+760 (R/S)	2.39	2.29	4.2	99.9	2.25	2.37	5.5	1612.7	100.3
7	76+810 (R/S)	2.34	2.3	4.2	100	2.24	2.34	4.8	1963.7	99.4
8	77+300 (R/S)	2.4	2.3	4.5	100.3	2.24	2.36	5.2	2.038	99.6
9	77+350 (R/S)	2.38	2.39	4.2	99.7	2.26	2.38	5.4	1.921	100.4
10	77+400 (R/S)	2.42	2.3	5.2	100.1	2.23	2.34	4.8	1690.9	99.4
11	77+450 (R/S)	2.36	2.28	3.5	99.5	2.34	2.5	6.71	1714	103.85
12	77+500 (R/S)	2.38	2.3	3.7	100.2	2.27	2.41	5.88	1728	100.71
13	76+550 (L/S)	2.36	2.28	3.4	99.4	2.25	2.37	5.13	1761	99.91
14	76+600 (L/S)	2.39	2.3	4.2	100.1	2.29	2.4	4.77	1759	101.41
15	76+650 (L/S)	2.42	2.3	5.1	100.3	2.28	2.42	5.83	1771	101.42
16	76+700 (L/S)	2.4	2.3	4.4	100.2	2.25	2.39	6.17	1803	99.78
17	76+750 (L/S)	2.36	2.28	3.4	99.4	2.16	2.36	8.7	2256	97.6
18	76+800 (L/S)	2.34	2.3	4.2	100.1	2.11	2.31	9.2	2125	95.6
19	77+550 (L/S)	2.39	2.3	4.2	99.9	2.06	2.26	9.4	1698	92.7
20	77+600 (L/S)	2.42	2.3	5.2	100.4	2.29	2.23	4.9	1962	100.5
21	77+650 (L/S)	2.38	2.39	4.2	99.8	2.25	2.26	5.2	1879	99.8
	Rerata	2.38	2.41	4.12	100.01	2.25	2.36	6.34	1671.68	99.6

Nilai kepadatan *base course* dengan alat *sand cone* dan *nuclear densitometer*. Dari hasil perbandingan *sand cone* dan *nuclear densitometer* yang diperoleh di lapangan maka didapat nilai kadar air dari *sand cone* yaitu 6.34%, sedangkan *nuclear* yaitu 4.12%, berat isi tanah *sand cone* yaitu 2.36 gr/cm^3 sedangkan *nuclear* 2.38 gr/cm^3 , berat isi kering *sand cone* 2.25 gr/cm^3 sedangkan berat isi kering *nuclear* 2.41 gr/cm^3 .

Dari hasil nilai *sand cone* dan *nuclear densitometer* rata-rata yang diperoleh dalam Tabel 1 diatas, dapat diambil kesimpulan bahwa nilai uji *nuclear densitometer* lebih besar (100,01%) dari pada hasil *sand cone* (99,6%). Maka uji *nuclear densitometer* relatif memberi angka lebih besar, lebih akurat, lebih cepat dan relatif lebih mahal dibanding uji *sand cone* nilainya relatif lebih kecil, kemungkinan ada kekeliruan dalam pelaksanaannya, dan lebih lama memberikan hasil akhir.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil yang diperoleh dari penelitian, maka hasil nilai kepadatan *sand cone* yaitu 99.60%, dan untuk *nuclear densitometer* yaitu 100.01%. Berat volume kering (γ_d) hasil proctor yaitu 2.6 gr/cm^3 , dan γ_d untuk *sand cone* yaitu 2.25 gr/cm^3 , sedangkan γ_d untuk *nuclear densitometer* adalah 2.41 gr/cm^3 .

Berdasarkan hipotesa penelitian dengan probabilitas menurut sig.(2-tailed) yaitu $0.546 > \alpha 0.050$. maka H_0 diterima H_a ditolak, sehingga tidak dapat perbedaan kepadatan yang signifikan diantara dua alat yang berbeda.

Ditunjukkan dari hasil pengujian dilapangan, maka kedua metode uji dapat digunakan dengan perbandingan bila memakai alat *sand cone* waktu yang diperlukan relatif lama dan

biaya lebih murah, sedangkan untuk pengujian *nuclear densitometer* proses uji lebih cepat dan biaya lebih mahal.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 2001. *Pengolahan Data Statistic Dengan SPSS 16.0*. Penerbit Salemba Infotek. Jakarta.
- Anonim. 2003. *Troxlerlabs, IRF Global Achievement Award in the Category of Technology, Equipment dan Manufacturing*.
- Bowles, E, Joseph. 1993. *Sifat-Sifat Fisis dan Geoteknis Tanah (Mekanika Tanah)*. Jakarta: Erlangga
- Braja M. Das. 1999. *Mekanika Tanah 1*. Surabaya
- Craig, R.F. 1987. *Mekanika Tanah (Edisi Keempat)*. Jakarta: Erlangga
- Hardiyatmo H.C. 2002. *Mekanika Tanah 1*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press
- Gurusinga S. P. 1992. *Menentukan Kepadatan Tanah dengan Teknik Nuklir Majalah Konstruksi, April 1992*, Jakarta
- Sukirman, S, 1999. *Perkerasan Lentur Jalan Raya*. Bandung: Nova
- Syaifuddin. 2006. *Mekanika Tanah Program Due-Like Batch III*. Lhokseumawe: Politeknik Negeri Lhokseumawe
- Wardhana, Wisnu Arya. 2007. *Teknologi Nuklir*. Yogyakarta : Universitas Gajah Mada.