

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Atap

##### 2.1.1 Definisi, Fungsi, dan Komponen Atap

Atap merupakan bagian atas dari suatu bangunan yang berfungsi untuk keperluan perlindungan dari pengaruh panas, hujan, angin, debu. (Frick 2001, Sudarmadji 2014, Iswanto 2007).

Atap mempunyai beberapa komponen penyusun atap tergantung bentuknya seperti atap perisai, atap pelana yang terdiri dari rangka pendukung kuda-kuda, gording, usuk, reng, ring balk, dan penutup atap.

Kuda-kuda berfungsi sebagai penopang rangka atap terdiri dari balok dasar penahan gaya tarik, tiang tengah mendukung balok bubungan dan menerima gaya tekan dan iga-iga menyalurkan gaya tekan (Frick 2001).

Gording berfungsi membagi bentangan atap dalam jarak-jarak yang lebih kecil pada proyeksi horizontal. Gording meneruskan beban dari penutup atap, reng, usuk, orang, beban angin, dan beban air hujan. Gording berada di atas kuda-kuda, biasanya tegak lurus dengan arah kuda-kuda. Gording menjadi tempat ikatan bagi usuk, dan posisi gording harus disesuaikan dengan panjang usuk yang tersedia. Gording harus berada di atas titik buhul kuda-kuda dengan jarak antar gording 1,5m-2m, sehingga bentuk kuda-kuda sebaiknya disesuaikan dengan panjang usuk yang tersedia.

Usuk berfungsi menerima beban dari penutup atap dan reng meneruskannya ke gording. Usuk terbuat dari kayu dengan ukuran 5/7 cm dan panjang maksimal 4 m. Usuk dipasang dengan jarak 40cm sampai dengan 50 cm antara satu dengan lainnya pada arah tegak lurus gording. Usuk akan terhubung dengan gording dengan menggunakan paku. Pada kondisi tertentu usuk harus dibor dahulu sebelum dipasang untuk menghindari pecah pada ujung-ujung usuk.

Reng berupa batang kayu berukuran 2/3 cm atau 3/5 cm dengan panjang sekitar 3 m yang menjadi tumpuan langsung penutup atap dan meneruskannya ke usuk/kaso. Pada konstruksi atap dengan penutup dari asbes, seng dan sirap reng tidak digunakan, reng digunakan pada atap dengan penutup dari genteng, reng dipasang pada arah tegak lurus usuk dengan jarak menyesuaikan dengan panjang dari penutup atapnya. Oleh karena itu penutup atap harus mempunyai sifat kedap air, bisa mencegah terjadinya rembesan air selama kejadian hujan, penutup yang sering digunakan antara lain;

genteng, asbes, kayu (sirap), seng, polycarbonat, plat beton, dan lain-lain (www.siapbelajar.com diakses 30 mei 2014)

### 2.1.2 Standar Konstruksi Atap Rumah

Masyarakat di Indonesia pada umumnya menggunakan struktur kayu untuk atap rumah mereka, berpedoman pada SNI 03-2445-1991 ukuran untuk bangunan rumah dan gedung adalah sebagai berikut :

- ✓ Kuda-kuda (mm): 80 (80, 100, 120, 150, 180), 100 (100, 120, 150, 180).
- ✓ Kaso (mm) : 40x60; 40x80; 50x70.
- ✓ Tiang balok (mm) :80 (80, 100, 120); 100 (100, 120; 120 (120, 150).
- ✓ Balok antar tiang (mm): 40 (60, 80); 60 (80, 120, 150); 80 (120, 150, 180), 100 (120, 150).
- ✓ Balok langit (mm): 80 (120, 150, 180, 200); 100 (150, 180, 200).

Toleransi ukuran panjang kayu ditetapkan berdasarkan ukuran nominal 100 mm dan toleransi ukuran tebal dan lebar kayu ditetapkan 0-15 mm dari ukuran nominal. Namun jika konstruksi atap di perkuat dengan suatu konstruksi rangka batang persegi panjang di tengah atau di bidang atapnya, kuda-kuda ini akan menyebarkan gaya yang dibebani lebih seragam dan gaya horizontal dapat diterima pula. Dalam hal ini dinding mempunyai tumpuan pada konstruksi kuda-kuda atap. Apabila dinding bergeser kuda-kuda atap pun ikut bergeser (Iswanto 2007)

#### A. Beban nominal

Beban untuk rumah dan gedung terdiri dari beban mati (gedung) dan beban hidup (barang). Beban mati disebabkan oleh berat dari komponen bangunan tersebut seperti batu, besi, beton, kayu, pasir, kerikil, koral tanah dan lain-lain. Sedangkan beban hidup disebabkan oleh lantai gedung, atap gedung, beban hidup kran dan beban hidup horizontal.

Beban nominal yang harus ditinjau adalah sebagai berikut :

- D beban mati yang diakibatkan oleh berat konstruksi permanen, termasuk dinding, lantai, atap, plafon, partisi tetap, tangga, dan peralatan layanan tetap
- L beban hidup yang ditimbulkan oleh penggunaan gedung, termasuk pengaruh kejut, tetapi tidak termasuk beban lingkungan seperti angin, hujan, dan lain-lain.
- L<sub>a</sub> beban hidup diatap yang ditimbulkan selama perawatan oleh pekerja, peralatan dan material, atau selama penggunaan biasa oleh orang dan benda bergerak
- H beban hujan, tidak termasuk yang diakibatkan oleh genangan air

W beban angin termasuk dengan memperhitungkan bentuk aerodinamika bangunan dan peninjauan terhadap pengaruh angin topan, puyuh, dan tornado, bila diperlukan

E beban gempa, yang ditentukan menurut SNI 03-1726-1989, atau penggantinya

### **B. Sambungan**

Sambungan pada komponen struktur kayu atau dari satu komponen struktur kayu ke komponen struktur kayu lainnya terdiri atas elemen penyambung, alat sambung dan alat pengencang.

### **C. Alat pengencang, alat sambung dan elemen penyambung**

Semua alat pengencang dan alat sambung serta sifat-sifat nominalnya harus memenuhi syarat minimum sesuai dengan tata cara yang berlaku. Pelat-pelat baja, pelat penggantung, alat pengencang, dan bagian-bagian lain dari pelat baja harus direncanakan agar tahanan terhadap moda-moda keruntuhan yang berlaku ( tarik, lentur, tekuk, tumpu, dan juga geser pada alat pengencang).

### **D. Penempatan alat pengencang**

Jarak ujung adalah jarak yang diukur sejajar serat dari garis potong siku komponen struktur ke pusat alat pengencang yang terdekat. Jarak tepi adalah jarak antara tepi suatu komponen struktur terhadap alat pengencang terdekat diukur dalam arah tegak lurus serat kayu. Bila suatu komponen struktur dibebani tegak lurus arah serat, tepi yang memikul beban didefinisikan sebagai tepi beban. Tepi yang tidak memikul beban didefinisikan sebagai tepi tanpa beban.

Spasi adalah jarak antar pusat alat pengencang yang diukur sepanjang garis yang menghubungkan pusat ke pusat alat pengencang. Sebuah baris alat pengencang sebagai beberapa alat pengencang yang terletak satu baris dalam arah garis kerja beban.

Spasi dalam baris alat pengencang adalah jarak antar alat pengencang didalam satu baris dan jarak antar baris alat pengencang adalah jarak antar baris-baris alat pengencang.

(RSNI T-02-2003)

## **2.2 Model Atap**

Model atap merupakan bentuk idealisasi bagian atas bangunan yang terdiri dari material penutup atap, konstruksi atap, bentuk atap dan sudut kemiringan atap. dibawah ini merupakan penjelasan dari komponen model atap sebagai berikut:

### 2.2.1 Material Penutup atap

Material penutup atap adalah lapisan paling luar dari komponen penyusun atap yang seharusnya kedap air, tahan cuaca, tahan terhadap bunga api penerbangan, berbobot ringan, dan berdaya tahan lama ( seperti genteng, pelat semen berserat atau seng gelombang) (Frick 2004). Setiap jenis material penutup atap memiliki batas kemiringan yang diijinkan seperti atap rumbia minimal sudut kemiringan  $40^{\circ}$ , atap sirap kayu  $30^{\circ}$ , sirap bambu  $30^{\circ}$ , genteng biasa  $40^{\circ}$ , genteng pres  $30^{\circ}$ , genteng beton  $17.5^{\circ}$ , pelat semen berserat  $8.5^{\circ}$ , seng  $10^{\circ}$ , alumunium  $3^{\circ}$ , polimerbitumen  $1.5^{\circ}$ . (Frick 2004).

Pada pemilihan material penutup atap yang mulus dan miring lebih baik dibandingkan atap kasar dan datar (Farreny, et al 2011 dalam Prianto 2013) selain itu atap bangunan gedung harus dibuat dari konstruksi dan bahan yang ringan untuk mengurangi intensitas kerusakan (Peraturan menteri pekerjaan umum 2006).

Atap genteng beton mempunyai bobot 10-20% lebih besar daripada genteng pres atau genteng biasa dari tanah liat, oleh karena itu Pemilihan bahan penutup atap menjadi pertimbangan yang penting untuk konstruksi dan bentuk atap yang digunakan ( Frick 2004).

Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam pemilihan bahan penutupp atap adalah:

- Kondisi iklim setempat
- Kebiasaan masyarakat sekitar dalam pemilihan bahan penutup atap
- Mudah diperoleh dan mudah transportasinya
- Mudah dalam pengerjaan dan pemeliharaan

Bahan penutup atap yang kurang sesuai diterapkan pada daerah pegunungan, antara lain adalah kaca, genteng keramik, dan polykarbonat. Adapun beberapa bahan penutup atap yang bisa diterapkan pada daerah pegunungan antara lain asbes, seng dan genteng tanah liat (Ramayana 2009).

Untuk material penutup atap rumah di daerah rawan letusan vulkanik disarankan atap rumah dibuat dari bahan yang tidak mudah diterbangkan oleh angin dan tidak mudah terbakar (Indah 2008) seperti Jenis Genteng karangpilang 35-60 derajat (Rata rata  $35^{\circ}$ –  $45^{\circ}$ ) Jarak reng sesuai tipe mulai 22.5 cm s/d 27 cm, Jenis Genteng Keramik Kemiringan  $30^{\circ}$  –  $60^{\circ}$  derajat ( Rata-rata  $30^{\circ}$ - $45^{\circ}$ ) Jarak reng 26 cm, dan Jenis Genteng asbes/ asbes gelombang kemiringan ( $5^{\circ}$ – $25^{\circ}$ ) jarak reng 60 cm (www.rangkaatapbajaringanmalang.wordpress lokal.com diakses 25 Mei 2014). Pada penggunaan bahan asbes sebagai bahan penutup atap tidak disarankan karena risiko

paparan debu asbes berbahaya terhadap kesehatan manusia (Wuryanti 2012). Oleh karena itu atap untuk rumah tinggal harus memperhatikan segi kesehatan, keamanan dan keselamatan bangunan dan lingkungan (Peraturan menteri pekerjaan umum 2006).

### 2.2.2 Konstruksi atap kayu

Kayu merupakan bahan bangunan yang mudah dikerjakan dengan alat sederhana, bobotnya yang agak ringan, dan cukup tinggi kekuatannya terhadap gaya tarik, tekan maupun lendutan. Kayu juga bisa digunakan untuk konstruksi atap busur dengan lebar bentang >100.0 m melebihi kemampuan beton bertulang atau baja. (Frick 2001:195). Kayu mempunyai sifat-sifat spesifik yang tidak dimiliki oleh bahan-bahan lain. misalnya bahan baja, beton atau bahan-bahan lain yang bisa dibuat oleh manusia (Iswanto 2007). Sifat fisik tersebut adalah sifat elastis, ulet, ketahanan terhadap pembebanan yang tegak lurus dengan seratnya. Bahan kayu juga mempunyai beberapa kelebihan antara lain : tahan terhadap pengaruh kimia dan listrik, mudah proses penggantian, mudah proses pelaksanaan dan mampu menahan beban tiba-tiba. Semakin panjang jangka waktu pembebanan, maka beban maksimum yang masih bisa diterima kayu akan semakin kecil (Tri Efendi 2012). Selain itu kayu juga memiliki ketahanan tinggi terhadap asam ringan dan larutan garam-garam asam seperti yang banyak terkandung di sumber-sumber air panas. Tidak seperti komponen beton, bahan-bahan terkikis dari kayu sangat sedikit dan tidak bersifat korosif terhadap logam (FPL 1999 dalam Tri Effendi 2012) karena pemahaman tentang pengaruh faktor lingkungan dan potensi kinerja bahan konstruksi akan berguna dalam desain dan konstruksi struktur atap yang tepat (Olu 2013)

Apabila berat jenis kayu lebih rendah dari kontrolnya (bagian tengah) maka di titik tersebut dianggap terjadi kerusakan. Kedalaman kerusakan ditentukan sebagai titik temu ketika berat jenis kayu sama atau lebih besar dari kontrol. Bagian sel yang berfungsi menahan beban adalah dinding sel kayu, proporsi dinding sel menentukan besarnya kekuatan kayu. Semakin besar proporsi dinding sel, kekuatan kayu semakin meningkat. Dinding sel merupakan satu-satunya komponen kayu yang mampu menahan beban, sehingga proporsi dinding sel dalam kayu menjadi faktor kunci penentu kekuatan kayu. Oleh karena itu sebagai material organik, kayu menjadi pilihan tepat untuk *green and sustainable construction* karena memiliki siklus alamiah tertutup akibat kemampuannya untuk terdekomposisi oleh faktor-faktor lingkungan (Tri Effendi 2012).

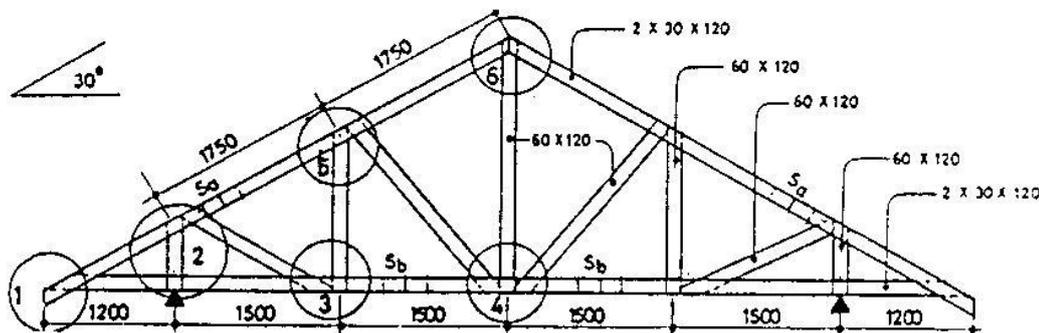
Sambungan kayu berperan penting dalam konstruksi kayu, seperti bangunan gedung atau, rumah. Hal ini dikarenakan struktur kayu terbuat dari komponen yang harus disambungkan secara bersama-sama untuk memindahkan beban yang diterima oleh komponen kayu tersebut. Sambungan pada kayu dengan menggunakan paku menjadi populer karena sifat sambungannya yang kaku dan mudah dikerjakan (Pun 1987 dalam Amiruddin 2009).

Konstruksi atap bangunan tahan terhadap bencana yaitu menggunakan kayu kering, balok kayu (ring balk) dipasang keliling diikat kaku dengan kolom, seluruh kerangka kayu harus terikat secara kokoh dan kaku, pada tiap sudut (dinding, lantai, atap) diberi skoor kayu pengaku dan rangka kuda-kuda papan paku atau kuda-kuda gantung, pada titik simpul sambungan kayu diberi baut dan plat pengikat (Departemen pekerjaan umum 2006). Untuk struktur atap rumah didaerah rawan letusan vulkanik disarankan kerangka atap rumah menggunakan kayu atau bambu (Indah 2008) karena material kayu untuk struktur bangunan termasuk struktur ringan dimana struktur seperti ini cukup tahan (Triyadi 2010) namun struktur kayu tidak kuat jika atap memiliki struktur bentang panjang lebih dari 5 m ketika menahan beban pasir/abu vulkanik (Spence 2005).

Rumah dengan struktur rangka kayu harus menggunakan sambungan yang dikencangkan dengan menggunakan paku minimal 4 buah. Panjang paku yang digunakan minimal 2,5 kali tebal kayu yang terkecil. Apabila struktur kayu ini memikul beban berat (seperti struktur kayu untuk bangunan gudang atau garasi kendaraan), maka sambungan kayu harus dikencangkan dengan menggunakan bout berdiameter minimum 10mm. Semua kayu yang digunakan harus kering dan bila perlu diawetkan sesuai dengan persyaratan pengawetan kayu. Sumber : Pedoman Teknis Rumah Tahan Gempa (2006).

Ukuran kayu untuk kaki, balok, tiang kuda-kuda tergantung pada besarnya gaya yang harus ditahan dan pada panjang masing-masing balok itu. Ukuran untuk kaki, tiang dibuat sama besar, tergantung pada bentang kuda-kudanya. Sedangkan rangka kuda-kuda dapat bervariasi baik dari segi estetika maupun dari segi efisiensinya dan kekuatannya (Ranap 2000). Balok kayu yang menumpu pada dinding batu bata tidak boleh dipasang rapat sekelilingnya dengan mortar, melainkan perlu diberi jarak  $\pm 1$ cm (Frick 2001). Kuda-kuda pada bangunan mempunyai berbagai macam jenis tergantung dari bentuk atap dan jarak bentangnya salah satu kuda-kuda yang digunakan untuk bentangan panjang adalah kuda-kuda kayu balok tipe 30-6a. Kuda-kuda kayu balok paku tipe 30-6

adalah kuda-kuda untuk kemiringan curam yang bersudut minimal  $30^{\circ}$  dengan dimensi bentang mencapai 6 m (rasio tinggi terhadap bentang). (SNI 03-2450-1991)



Gambar 2. 1 Kuda-kuda tipe 30-6

Ukuran nominal kayu untuk bangunan, tebal dan lebar minimal (10x10) mm, (10x30) mm, (20x30) mm, sampai (120x120) mm, (25x30) mm, (30x30) mm, (30x50) mm, (60x80) mm, (60x100) mm, 60x120mm, (80x80) mm, (80x100) mm, 120x120) mm (SNI 03-2445-1991)

### 2.2.3 Bentuk Atap

Bentuk atap merupakan karakter atau gaya setiap bangunan yang menunjukkan identitas budaya, sejarah, dan tempat asal bangunan. Indonesia merupakan Negara tropis yang mempunyai beragam budaya dan tentunya mempunyai beragam jenis rumah terutama yang paling terlihat ada pada bentuk atapnya. Bentuk atap yang sering digunakan di Indonesia adalah bentuk atap pelana, perisai, atap limas dan bentuk atap miring (Sudarmadji 2014). Atap pelana sebagai penutup ruangan terdiri dari dua bidang atap miring yang tepi atasnya bertemu pada satu garis lurus dinamakan bubungan. Bahan penutupnya banyak yang menggunakan genteng tanah liat maupun seng gelombang. Bentuk atap pelana digunakan untuk rumah – rumah sederhana (Nepunk 2011). Penggunaan atap pelana jika bangunannya cukup panjang, maka tiap-tiap jarak 3 m perlu dipasang kuda-kuda untuk menahan gording/bidang penutup atap. Bahan penutupnya banyak yang menggunakan genteng biasa (genteng kampung) maupun seng gelombang. Bentuk atap pelana mempunyai kemiringan masing masing sisi sekitar  $30^{\circ}$ - $40^{\circ}$ . Karena bentuknya yang seperti huruf V terbalik ini, atap pelana dapat menciptakan ruang yang lebih luas diantara atap (Sudarmadji 2014). Atap pelana mempunyai keunggulan dapat cepat mengalirkan air hujan turun kesaluran pembuangan atau ke tanah dan mengurangi resiko terjadinya kebocoran atap (Sudarmadji 2014).

Atap perisai merupakan penyempurnaan dari bentuk atap pelana dengan menambahkan dua bidang atap miring yang berbentuk segitiga pada ujung akhir atap bangunan. Dengan demikian atap perisai terdiri dari dua bidang atap miring yang terbentuk trapesium panjang yang pada tepi atasnya bertemu pada satu garis lurus, yang dinamakan bubungan. Dan dua bidang atap lainnya yang berbentuk segitiga. Biasanya miring bidang-bidang atap ini sama. Pertemuan tiap dua bidang atap yang merupakan garis miring menyudut serta menjorok keluar dinamakan bubungan miring atau jurai luar. Sedangkan pertemuan dari dua bidang atap yang menjorok ke dalam dinamakan jurai dalam atau lembahan (Sudarmadji 2014). Bentuk atap perisai berupa bidang yang miring pada semua sisinya, dengan sudut kemiringan  $30^{\circ}$ - $40^{\circ}$  untuk penutup genteng,  $20^{\circ}$ - $25^{\circ}$  untuk penutup seng dan  $25^{\circ}$ - $40^{\circ}$  untuk penutup sirap (Sudarmadji 2014).

Kelebihan dari atap perisai adalah hampir semua dinding luar terlindung dari terik matahari dan air hujan, arah angin yang menerpa atap rumah dibelokkan keatas sehingga mengurangi resiko kerusakan struktur (Sudarmadji 2014). Kelemahan dari atap perisai adalah jumlah penutup atap yang lebih banyak mengakibatkan banyaknya sambungan atap yang akan menimbulkan resiko kebocoran lebih besar, struktur dan konstruksinya lebih kompleks, dan material yang digunakan untuk rangka struktur lebih banyak sehingga relative lebih boros (Sudarmadji 2014). Hal lainnya adalah tekanan Angin atap perisai lebih rendah daripada atap pelana menunjukkan bahwa atap perisai minim terbalik jika diakibatkan angin daripada atap pelana (Olu 2013) dan bahan penutup atap perisai lebih besar dibandingkan dengan atap pelana dengan resistensi selalu lebih besar (Olu 2013) namun atap perisai lebih stabil dan lebih tahan terhadap angin daripada atap pelana (Olu 2013)

Di daerah lereng pegunungan memiliki keunikan tipologi secara khusus. Beberapa keunikan yang terjadi diantaranya adalah bangunan akan bersifat tunggal dan atapnya banyak yang berbentuk atap pelana maupun atap lasenar (Frick 2003 dalam Sri 2007) maka dari itu untuk rumah didaerah rawan letusan vulkanik disarankan dibangun dengan bentuk simetri dan menggunakan bentuk atap yang lancip bertipe joglo (Indah 2008)

Dibawah ini merupakan beberapa usulan klasifikasi tipe atap eropa untuk ketahanan terhadap abu vulkanik lihat tabel 2.1 usulan tipe atap berikut ini (Spence et al 2005)

Tabel 2. 1 Kerusakan material penutup atap

Kelas Atap	Deskripsi	Beban tipikal desain	Beban keruntuhan rata-rata
Lemah	Atap lama atau dalam kondisi yang buruk Genting tanah liat, lama atau dalam kondisi yang buruk Mansory valuted roof.	Pra desain	2.0 kPa
Lemah menengah	Atap dengan konstruksi kayu; kualitas rata-rata atau kualitas baik atap genting tanah liat di langit-langit kayu atau tras	1-2 kPa	3.0 kPa
Kuat menengah	Atap datar beton dengan karakteristik yang berbeda. Atap lembar pada kayu kualitas yang baik dan dirancang untuk daerah yang siklon	2-3 kPa	4.5 kPa
Kuat	Atap beton bertulang datar dirancang khusus, kualitas konstruksi yang baik, kurang dari 20 tahun	>3 kPa	7.0 kPa

Dari tabel diatas menunjukkan bahwa beban abu/pasir minimal yang diterima atap adalah harus lebih kecil atau sama dengan 2 kPa karena secara umum beban pasir/abu vulkanik lebih besar dari 2 kPa menyebabkan kerusakan , dan beban pasir/abu vulkanik lebih besar dari 7,5 kPa cenderung untuk menyebabkan keruntuhan. Sebuah desain atap dengan kekuatan beban 2,5-3,0 kPa diperlukan untuk mencegah sebagian besar kerusakan atap, karena bahaya jatuhnya material pasir/abu vulkanik terhadap atap ditentukan oleh beban pasir/abu vulkanik itu sendiri (Spence 2005)

#### 2.2.4 Sudut kemiringan

Besar sudut kemiringan bidang berpengaruh terhadap percepatan benda yaitu semakin besar sudut elevasi bidang miring terhadap bidang datar, maka waktu yang dibutuhkan benda untuk mencapai titik akhir semakin singkat, sehingga bisa dikatakan percepatan benda semakin besar. Benda yang diletakkan pada bidang miring bergerak dengan percepatan tertentu, karena adanya interaksi gaya yang bekerja pada benda.

Semakin besar sudut elevasi antara bidang miring terhadap bidang datar, maka waktu yang dibutuhkan benda dari titik awal hingga titik akhir semakin singkat, sehingga bisa diketahui bahwa percepatannya juga semakin besar (Rahman 2012).

Sudut kemiringan atap mempengaruhi kecepatan aliran partikel yang jatuh ke atap, dari kemiringan atap ini maka akan menjadi intensitas partikel yang jatuh setiap waktu, selain itu kemiringan atap bukan semata karena iklim tapi ada aspek lain yang menentukannya (Noorvy 2013, Sahid 2013). Kemiringan atap dianggap tidak mempengaruhi lendutan karena kemiringan rangka batang sering diabaikan, apalagi jika dihubungkan dengan lendutan, yang menganggap lendutan pada rangka batang seperti balok adalah berfungsi sebagai momen. Semakin besar kemiringan maka lendutan yang dihasilkan akan semakin besar (Husada 2012).

Makin besar sudut  $\alpha$ , makin mudah beban atap disalurkan. Oleh karena itu sudut kemiringan  $\alpha$  tersebut tidak boleh  $< 30^\circ$ , menurut kemiringannya, atap digolongkan sebagai; atap terjal dengan kemiringan  $> 23^\circ$ , atap landai dengan kemiringan  $< 23^\circ$ , atap datar dengan kemiringan  $< 5^\circ$  (Frick 2004), kemiringan atap yang sering digunakan adalah  $35^\circ$ ,  $45^\circ$  dan  $55^\circ$  (Edwin 2012).

### 2.3 Abu/ Pasir Vulkanik

Abu/pasir Vulkanik merupakan salah satu material vulkanik yang berasal dari muntahan gunung berapi pada saat letusan terjadi berupa partikel halus maupun kasar bersifat ringan, dan mudah diterbangkan angin. Dibawah ini merupakan gambaran pasir vulkanik dari gunung Kelud yang diambil dari desa Pandansari Kecamatan Ngantang Malang.



Gambar 2. 2 Abu/pasir vulkanik gunung Kelud

Menurut Gunawan, abu gunung Kelud ukurannya lebih halus dibanding abu Merapi. Abu gunung Kelud ukuran halusnya seperti lempung atau clay dengan diameter di bawah 0,002 milimeter. Abu gunung Kelud menjadi lebih halus karena mampu menempuh jarak yang lebih jauh, yaitu sekitar 200 kilometer lebih. Abu yang lebih

halus lebih mudah untuk mengikat air. pengaruh positif dari abu letusan gunung bisa dilihat dari tiga sisi, yakni dari sisi kimia, fisika, dan teknik sipil. Dari segi kimiawi dapat diketahui bahwa abu vulkanik mengandung cadangan mineral yang cukup banyak, bahkan kemungkinan juga mengandung magnesium dan serum yang bisa menjadi sumber nutrisi bagi pertanian. Namun sebelumnya, abu itu sudah mengalami lapukan, yaitu proses pelepasan unsur-unsur yang terkandung dalam abu letusan gunung, sehingga terlepas dari unsur primernya.

Dari segi fisika, abu vulkanik memiliki kelebihan bisa memperbaiki sifat tanah dan mengikat air, atau bisa meningkatkan daya adhesi tanah. Sehingga, jika digunakan pada tanah berpasir akan mudah menyerap air, sementara dari teknik sipil bisa digunakan untuk bahan konstruksi, juga untuk bahan campuran membuat adonan semen. Campuran adonan semen dengan abu vulkanik ini bisa mengurangi bahan dari semennya sendiri sampai 10 persen. Dan hasil campurannya juga cukup bagus, hingga bisa memiliki kekuatan 150kg persatuan beban.

Untuk kelebihan dari abu vulkanik gunung Kelud yaitu lebih lembab, karena bersifat higroskopis atau mudah menyerap kelembaban lingkungan. Selain itu, kandungan mineralnya juga banyak besinya, dan kadar air yang dikandungnya dalam kondisi kering bisa mencapai 8 hingga 10 persen artinya, abu Kelud bisa dimanfaatkan untuk menyuburkan tanah dan pertanian. Abu Kelud ini juga memiliki kandungan Fe (besi), Mn (mangan), Si (silikat), Al (aluminium), Ca (kalsium), K (kalium), dan P (fosfor).(<http://www.muhammadiyah.or.id/> diakses 06 Juli 2014)

Sifat alir/fluiditas serbuk tidak dapat dinilai atas karakter individu partikel.

Faktor-faktor yang berpengaruh pada fluiditas partikel :

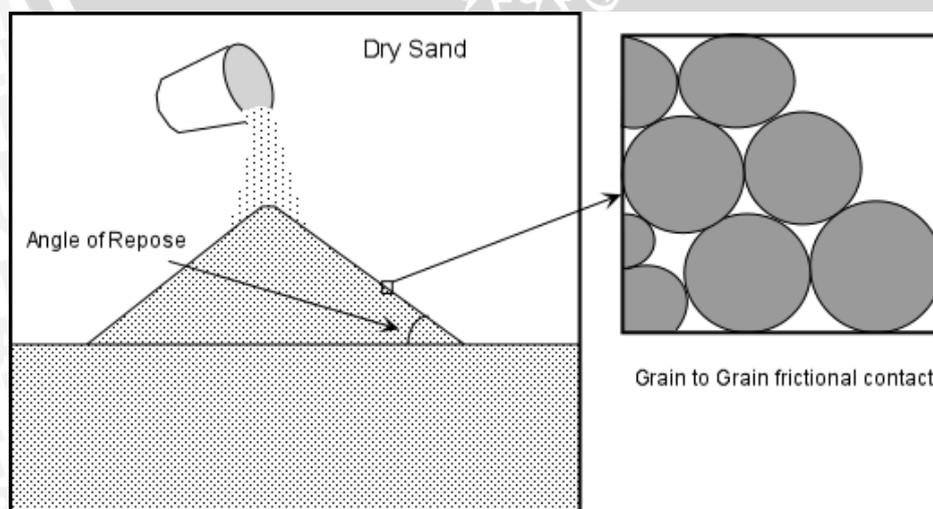
- Ukuran partikel dan distribusi ukuran partikel (*particle size and size distribution*)
- Bentuk partikel (*particle shape*) dan tekstur (*texture*)
- Kerapatan jenis (*bulk density*)
- Porositas (*porosity*)
- Kandungan lembab (MC)
- Kondisi percobaan (*handling and processing conditions*)
- Ukuran partikel dan distribusi ukuran partikel (*particle size and size distribution*)

Secara umum, untuk partikel yang ekidimensional (teratur=bulat, kubus) semakin besar diameter maka sifat alir semakin baik. Sedang, untuk partikel yang anisometrik maka hasilnya bisa lain. Sifat alir terbaik terjadi pada diameter optimum partikel. Pada umumnya semakin bulat (masif=peluru) maka sifat alir semakin baik. Semakin tidak beraturan maka sifat alir semakin jelek. Tekstur semakin halus maka semakin kecil gaya gesek friksi) antar partikel ( $F_2$ ) sehingga semakin mudah mengalir. Sebaliknya, semakin kasar permukaan partikel maka semakin besar friksi antar partikel ( $F_2$ ) semakin sulit mengalir. Semakin besar porositas maka semakin kecil kontak antar partikel maka kecepatan alir akan semakin baik. Pada kondisi kandungan lembab yang tinggi ikatan antar partikel akan lebih kuat ( $F_2$ ), karena luas kontak antar permukaan serbuk naik. Apabila gaya tarik antar partikel serbuk semakin kuat, maka serbuk akan semakin sukar mengalir (<http://signaterdadie.wordpress.lokal.com> diakses 7 juli 2014).

### 2.3.1 Sudut Istirahat Pasir (*Angle of Repose*)

Butiran pasir kering akan membentuk tumpukan gunung dengan sudut kemiringan ditentukan oleh sudut istirahat. Secara umum, untuk bahan kering sudut istirahat meningkat dengan meningkatnya ukuran butir, tetapi biasanya terletak di antara sekitar  $30^\circ$  dan  $37^\circ$ . (Nelson 2003). Kecepatan alir serbuk ditentukan dengan cara mengukur waktu jatuh yang diperlukan oleh sejumlah serbuk yang ditaruh di dalam suatu corong sampai seluruh serbuk itu turun. Cara pengukuran tersebut di samping menentukan kecepatan alir serbuk juga dapat menetapkan sudut istirahat yaitu sudut yang dibentuk antara lereng tumpukan serbuk dengan bidang datar (<http://signaterdadie.wordpress.lokal.com> diakses 7 juli 2014)

Dibawah ini merupakan gambaran cara menguji sudut istirahat pasir adalah sebagai berikut:



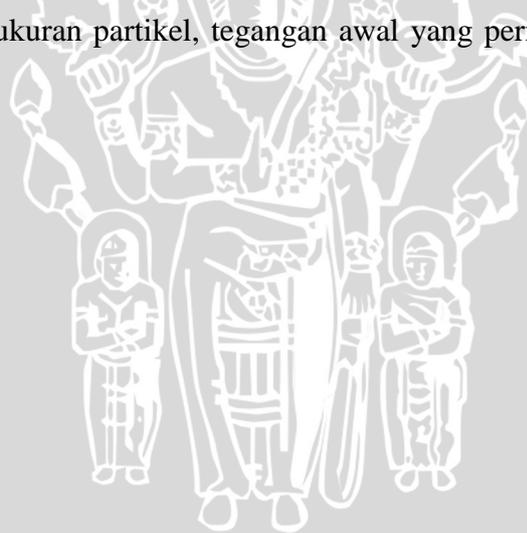
Gambar 2. 3 Sudut istirahat pasir kering

Sumber : <http://www.tulane.edu/~sanelson/images/drysand.gif>

Sudut istirahat abu vulkanik gunung bromo jawa timur yang pernah diteliti lebih besar dari  $40^{\circ}$  yaitu  $45^{\circ}$ - $50^{\circ}$  sudut kemiringan tersebut bisa diterapkan untuk desain atap rumah daerah rawan hujan abu/pasir vulkanik (Widodo 2012)

Pada pengujian pasir padat yang dilakukan Roski 2011, butirannya berhubungan saling mengunci satu sama lain dan rapat. Sebelum keruntuhan tercapai, hubungan antar butiran ini dapat menambah perlawanan terhadap gesekan pada bidang gesernya. Pengurangan tingkat penguncian antar butir menghasilkan penambahan volume benda uji selama geser berlangsung. Pada kondisi ini tegangan geser menjadi konstan, yaitu pada nilai tegangan batasnya, Sedangkan Pada pasir yang tidak padat, derajat penguncian antarbutiran kecil sehingga kenaikan tegangan geser secara berangsur-angsur akan menghasilkan nilai yang menuju tegangan batasnya, dengan tidak ada nilai tegangan geser pada puncaknya. Tiap kenaikan tegangan gesernya akan diikuti oleh suatu pengurangan volume benda ujinya.

Beberapa faktor yang mempengaruhi kuat geser tanah pasir adalah void ratio atau kepadatan relatif, bentuk partikel, distribusi keragaman butir, kekasaran permukaan partikel, air, ukuran partikel, tegangan awal yang pernah diterima. (Herina 2012)



Tabel 2. 2 Beberapa jenis pasir dan standar sudut tegangan geser pasir

Jenis Pasir		Minimal	Maksimal
Uniform sand  <a href="http://wisconsingeologicalsurvey.org">http://wisconsingeologicalsurvey.org</a>	Rounded particles  <a href="http://www.kimony.co.za/?m=3">http://www.kimony.co.za/?m=3</a>	27°	35°
Well graded sand  <a href="http://www.pacificaggregates.com/">http://www.pacificaggregates.com/</a>	Angular particles  <a href="http://railwaysubstructure.org">http://railwaysubstructure.org</a>	33°	45°
Sandy gravel  <a href="http://www.foothillsgranite.com/">http://www.foothillsgranite.com/</a>		35°	50°
Silty sand  <a href="https://www.eeri.org">https://www.eeri.org</a>		(27° – 30°)	(30° – 34°)

Sumber: Roski R.I. Legrans 2011