

BAB III

LANDASAN TEORI

1.1 Hujan

Hujan merupakan gejala meteorologi dan juga unsur klimatologi. Hujan adalah *hydrometeor* yang jatuh berupa partikel-partikel air yang mempunyai diameter 0.5 mm atau lebih. *Hydrometeor* yang jatuh ke tanah disebut hujan, sedangkan yang tidak sampai tanah disebut virga (Tjasyono, 2004). Hujan yang sampai ke permukaan tanah dapat diukur dengan mengukur tinggi air hujan tersebut dengan berdasarkan volume air hujan per satuan luas. Hasil dari pengukuran tersebut dinamakan dengan curah hujan. Curah hujan merupakan salah satu unsur cuaca yang datanya diperoleh dengan cara mengukurnya dengan menggunakan alat penakar hujan, sehingga dapat diketahui jumlahnya dalam satuan milimeter (mm). Curah hujan 1 mm adalah jumlah air hujan yang jatuh di permukaan persatuan luas (m^2) dengan catatan tidak ada yang menguap, meresap atau mengalir. Jadi, curah hujan sebesar 1 mm setara dengan 1 liter/ m^2 (Aldrian, E. dkk, 2011). Curah hujan dibatasi sebagai tinggi air hujan yang diterima di permukaan sebelum mengalami aliran permukaan, evaporasi, dan peresapan ke dalam tanah.

Jenis-jenis hujan berdasarkan besarnya curah hujan menurut BMKG dibagi menjadi tiga, yaitu:

1. Hujan sedang, 20-50 mm per hari
2. Hujan lebat, 50-100 mm per hari
3. Hujan sangat lebat, diatas 100 mm per hari.

3.1.1 Parameter Hujan

Hujan yang jatuh di permukaan bumi dinyatakan dalam kedalaman air (biasanya mm), yang dianggap terdistribusi secara merata pada seluruh daerah tangkapan air. Intensitas hujan adalah jumlah curah hujan dalam suatu satuan waktu, yang biasanya dinyatakan dalam mm/jam, mm/hari, mm/minggu

mm/bulan, mm/tahun, dan sebagainya yang berturut-turut sering disebut hujan jam-jaman, harian, mingguan, bulanan, tahunan, dan sebagainya.

Tabel 3.1 adalah tabel parameter hujan dan intensitas hujan (Suyono Sosrodarsono, 1985). Tabel tersebut menunjukkan bahwa curah hujan tidak bertambah sebanding dengan waktu. Jika durasi waktu lebih lama, penambahan curah hujan adalah lebih kecil dibandingkan dengan penambahan waktu, karena hujan tersebut bisa berkurang atau berhenti.

Tabel 3.1 Parameter Hujan dan Intensitas Hujan

Parameter Hujan	Intensitas Hujan (mm)	
	1 jam	24 jam
Hujan sangat ringan	<1	<5
Hujan ringan	1-5	5-20
Hujan normal	5-10	20-50
Hujan lebat	10-20	50-100
Hujan sangat lebat	>20	>100

Sumber: Suyono Sosrodarsono, 1985

3.1.2 Pengukuran Hujan

Diantara beberapa jenis presipitasi, hujan adalah yang paling biasa diukur. Pengukuran dapat dilakukan secara langsung dengan menampung air hujan yang jatuh. Namun tidak mungkin menampung hujan di seluruh daerah tangkapan air. Hujan di suatu daerah hanya dapat diukur di beberapa titik yang ditetapkan dengan menggunakan alat pengukur hujan. Hujan yang terukur oleh alat tersebut mewakili suatu luasan daerah di sekitarnya. Hujan terukur dinyatakan dengan kedalaman hujan yang jatuh pada suatu interval tertentu.

Di Indonesia, pengukuran hujan dilakukan beberapa instansi diantaranya adalah Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika (BMKG), Dinas Pengairan Departemen Pekerjaan Umum, Dinas Pertanian, dan beberapa instansi lain baik pemerintah swasta yang berkepentingan dengan hujan. Masing-masing instansi tersebut mengelola sendiri stasiun hujannya. Bisa terjadi dua atau lebih stasiun hujan berada pada jarak yang berdekatan.

Alat pengukur hujan dapat dibedakan menjadi dua macam yaitu penakar hujan biasa (*manual raingauge*) dan penakar hujan otomatis (*automatic raingauge*).

1. Alat penakar hujan manual

Alat tersebut ditempatkan di tempat terbuka yang tidak dipengaruhi pohon-pohon dan gedung-gedung yang ada disekitarnya. Air hujan yang jatuh pada corong akan tertampung di dalam tabung silinder. Dengan mengukur volume air yang tertampung dan luas corong akan dapat diketahui kedalaman hujan. Intensitas hujan kurang dari 0,1 mm dicatat sebagai 0.0 mm yang harus dibedakan dengan tidak ada hujan yang dicatat dengan garis (-). Pengukuran dilakukan setiap hari biasanya pembacaan pada pagi hari, sehingga hujan tercatat adalah hujan yang terjadi selama satu hari sebelumnya, yang sering disebut sebagai hujan harian. Dengan alat tersebut tidak dapat diketahui kederasan hujan, durasi hujan dan kapan terjadinya. Diameter dan ketinggian bidang penangkap air hujan dari permukaan tanah bervariasi, tapi ukuran standar yang digunakan adalah diameter 20 cm dan ketinggian 79 cm dari permukaan tanah. Hujan yang tertampung dalam tabung selanjutnya diukur volumenya, tetapi jika curah hujan melebihi kapasitas tabung, maka data curah hujan tidak akan tercatat. Gambar alat penakar hujan manual dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3. 1 Alat Penakar Hujan Manual

Sumber : Foto Pribadi

2. Alat penakar hujan otomatis

Alat penakar hujan otomatis atau disebut dengan *Automatic Weather Stations* (AWS) mengukur hujan secara kontinyu sehingga dapat diketahui intensitas hujan dan lama waktu hujan. AWS merupakan stasiun yang memiliki kemampuan untuk melakukan pengamatan dan pengiriman atau mencatat hasil dari pengamatan parameter cuaca secara otomatis dan secara langsung membuat kode-kode yang telah dikonversi. Data intensitas hujan sangat penting untuk memperkirakan debit banjir seperti dalam perencanaan sistem drainase perkotaan, pengendalian banjir, dan perencanaan jembatan. Gambar alat penakar hujan otomatis jenis AWS dapat dilihat pada Gambar 3.2



Gambar 3. 2 Automatic Weather Stations

Sumber : Foto Pribadi

3.2 Aliran Debris

Aliran debris atau *debris flow* dapat terjadi terutama di wilayah yang memiliki topografi bergunung dan curah hujan tinggi. Kemiringan lahan yang curam memiliki peranan penting dalam proses pembentukan aliran debris. Massa sedimen yang bergerak menuju alur sungai dan menerima tambahan pasokan air dapat berkembang membentuk aliran debris. Aliran debris dapat terwujud jika tersedia tiga komponen utama pembentuk aliran debris yakni air dalam jumlah yang memadai sebagai media pengaliran, sediaan material debris yang melimpah dan gaya gravitasi. Tanpa keberadaan salah satu komponen tersebut aliran debris tidak terwujud. Jadi meskipun terdapat bahan sediaan sedimen debris yang berlimpah dan curah hujan tinggi, jika kemiringan dasar tidak memadai maka aliran debris tidak dapat terjadi. Tipikal kejadian aliran debris sangat khusus, terjadi setelah atau saat hujan lebat. Aliran debris memiliki suatu berat satuan

(*specific gravity*) yang tinggi sehingga batuan berukuran besar dapat terbawa mengapung dalam aliran debris.

Aliran debris yang terjadi di wilayah gunung api telah dikenal dengan sebutan banjir lahar. Selain dipengaruhi oleh curah hujan tinggi, lahar juga dapat terjadi akibat pengaruh luapan air danau kawah (*creater lake*). Lahar yang erat kaitannya dengan keberadaan gunungapi sering disebut sebagai *volcanic mud flow* yang dapat bersifat *turbulent-muddy flow* atau dapat juga bersifat *hyper-concentrate flood flow* (T.Takahashi, 2007)

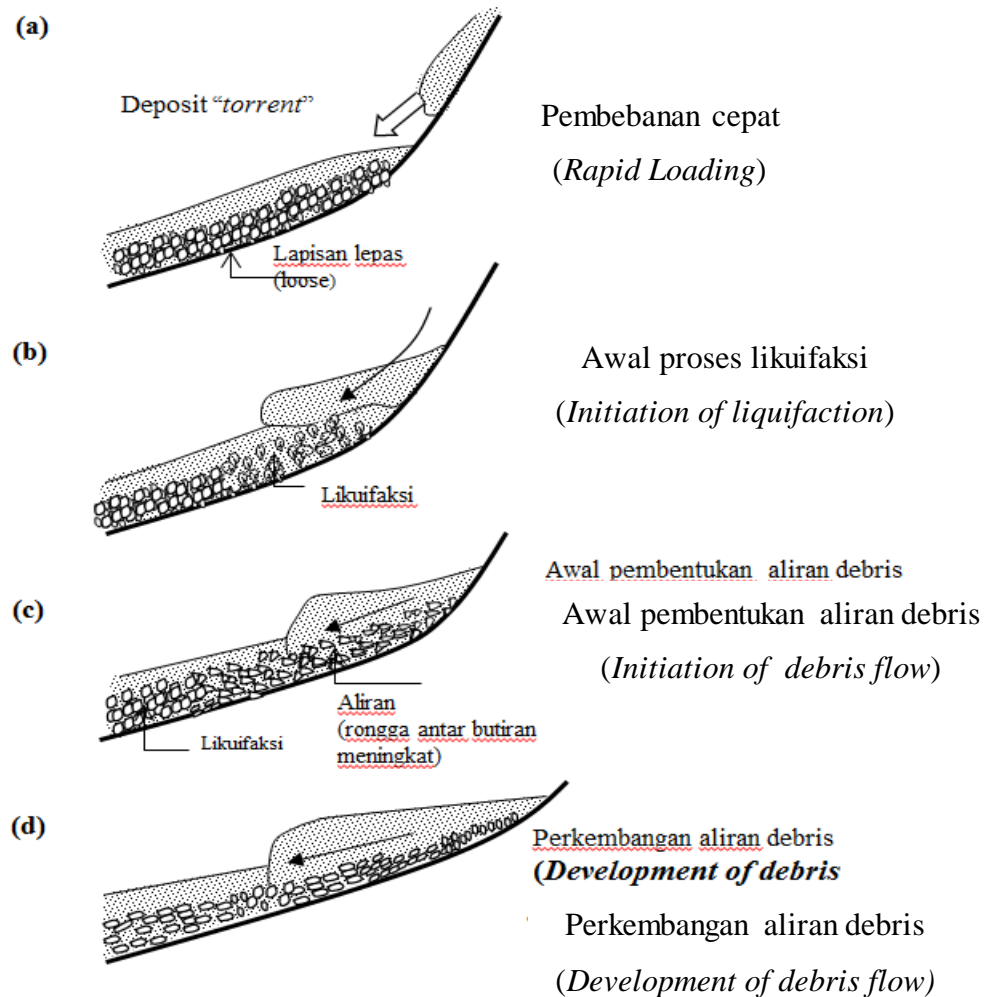
3.2.1 Mekanisme Aliran Debris

Pergerakan aliran debris merupakan suatu pergerakan yang melibatkan gaya gravitasi pada suatu campuran material padat dan cair. Bagian depan aliran berupa gelombang material kasar, permukaan aliran bebas bergelombang, sangat erosif dan komposisinya dapat berubah tergantung pada waktu dan posisinya. Komplikasi pergerakan aliran debris yang demikian merupakan tantangan besar untuk dapat memahami mekanisme aliran debris dan memprediksi perilakunya. (Richard M.Iverson, 2001).

Aliran debris meliputi batasan yang luas antara kejadian runtuh batuan (*dry rock avalanches*) dengan sedimen yang terangkut aliran banjir (*sediment-laden water floods*). Tetapi untuk membatasi cakupan analisis mekanisme aliran debris, perlu identifikasi terhadap berbagai sifat alirannya. Meskipun aliran debris kandungan airnya sangat jenuh namun tetap berbeda dengan aliran banjir air biasa kandungan sedimen suspensi dalam aliran secara eksklusif merupakan peristiwa mekanisme fluida. Pada beberapa kasus banjir biasa, keberadaan suspensi sedimen dalam aliran seringkali merupakan hal yang tidak berkaitan dengan dinamika gelombang banjir secara keseluruhan. Sebaliknya, meskipun aliran debris memiliki konsentrasi sedimen yang sebanding dengan runtuh batuan, namun aliran debris berbeda.

Tipikal butiran material yang terdapat dalam unsur bahan cair adalah antara 30 hingga 70 persen dari volume aliran debris. Runtuh batuan dapat berubah menjadi aliran debris jika diberikan tambahan pasokan air, sedangkan aliran

debris jika menerima tambahan pasokan air dapat menjadi lebih mencair dan berubah menjadi banjir bergelombang (*surging floods*). Mekanisme terjadinya aliran debris dapat dilihat pada Gambar 3.3.



Gambar 3.3 Mekanisme Terbentuknya Aliran Debris oleh Proses Likuifaksi Deposit Sedimen di Alur Curam

Sumber: Sassa, 1985 dalam Kusumosubroto (2012)

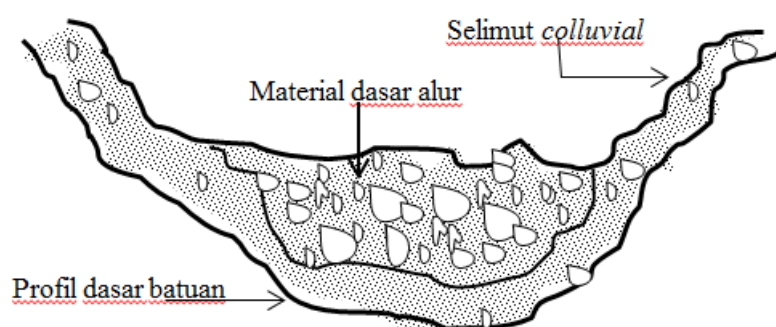
Proses (a) dan (b) menjelaskan ketika deposit sedimen mulai mengalir, bagian depan mengalami proses likuifaksi sehingga proses (c) dan (d) sedimen yang mengalir akan meningkat, membentuk aliran debris. ketika sedimen mulai mengalir, bagian depan mengalami proses likuifaksi, sehingga volume aliran meningkat. Likuifaksi umumnya terjadi akibat longsoran dan tanah sangat lepas dan tidak stabil.

3.2.2 Mekanisme Angkutan Material

Skala aliran debris merupakan volume total material yang bergerak sejak dari sumbernya hingga mencapai wilayah endapannya. Skala tersebut penting untuk mengestimasi skala kejadian dan dikorelasikan dengan parameter lainnya, seperti debit maksimum dan jarak jangkauan. Skala aliran debris jarang ditetapkan berdasar volume longsor tanah, meski longsor tersebut sebagai sumber material pembentuk aliran debris. Sering terjadi volume material mulanya dari longsor kecil saja, namun akibat penambahan material selama proses perjalanan menuju daerah pengendapan, aliran debris menjadi semakin besar.

Mekanisme yang menyebabkan penambahan angkutan material dalam aliran debris adalah:

1. Hilangnya stabilitas dasar alur dan terjadinya erosi dasar. Hilangnya stabilitas terjadi akibat gaya tarik atau *drag force* yang bekerja pada dasar aliran dan ditambah adanya *rapids undrained loading, impact loading and liquefaction* pada alur jenuh air (Kusumosubroto, 2012). Skema penampang erosi dapat dilihat pada Gambar 3.4.



Gambar 3. 4 Diagram Skematik Penampang Erosi Vertikal oleh Aliran Debris

Sumber: Sassa, 1985 dalam Kusumosubroto (2012)

Pada gambar diatas memperlihatkan destabilisasi dasar alur selama terjadi aliran debris. Selain mempengaruhi angkutan dasar, aliran debris tersebut juga mempengaruhi pada lapisan bawah lainnya. Dalam proses destabilisasi dasar alur biasanya data yang diperlukan seperti *stratigrafi* dasar alur, material dasar,

kekuatan lapisan bawah dan karakteristik daerah aliran sulit diperoleh. Informasi dan pengetahuan praktis terkait kedalaman erosi akan bermanfaat bagi kegiatan lapangan, seperti untuk melindungi pipa yang harus dibuat melintang alur yang dilalui aliran debris (Jakob et al dalam Kusumosubroto, 2012).

2. Mekanisme penambahan angkutan sedimen dalam aliran debris dapat pula berasal dari tebing alur tidak stabil akibat erosi dasar. Alur lembah curam yang secara aktif tererosi diperhitungkan sebagai penambahan sedimen dalam aliran debris. Kondisi keseimbangan tebing sering menjadi rawan jika dasar alurnya mempunyai kemiringan, terutama saat mengalami tekanan akibat aliran debris. Longsoran dangkal dapat terjadi seketika dan langsung masuk ke alur sungai sebagai gerakan massa aliran debris, atau tertahan terlebih dahulu hingga tersedia sejumlah material untuk membentuk aliran debris berikutnya. Jadi sebagian material debris akan mengendap sementara di alur, lalu akan bergerak bersama dengan lainnya pada waktu tertentu.

3.2.3 Pembentukan Aliran Debris

Indonesia sebagai wilayah beriklim tropis dengan intensitas hujan tinggi pada umumnya dapat menyebabkan terjadinya aliran debris yang terbentuk akibat pengaruh hujan. Intensitas hujan yang tinggi dapat menjenuhkan massa sedimen yang berada di dasar curam, melalui berbagai proses lalu membentuk aliran debris. Ada tiga kondisi utama yang mendorong dapat terbentuknya aliran debris, yaitu.

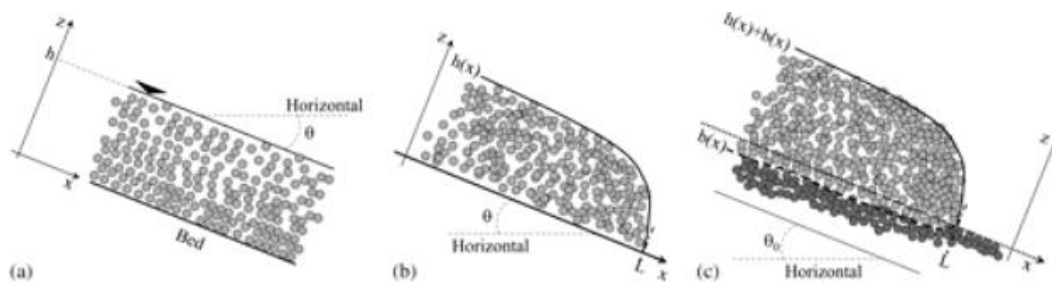
1. Kemiringan dasar alur atau lembah yang lebih dari 15° .
2. Material di lereng gunung atau lembah yang dapat menjadi bagian dari aliran debris.
3. Air dalam jumlah besar mengalir ke lembah untuk menjenuhkan deposit material.

Tomatsu Takahashi, dalam (*Debris Flow*,1991) mengemukakan pandangan dari sisi praktis dua tipe proses pembentukan aliran debris, yaitu aliran yang terbentuk dari material tidak stabil alur sungai atau disebut "*mobilized debris*

flow” dan aliran debris yang terbentuk dari material hasil runtuh dam alam di hulu alur sungai disebut “*landslide dam debris flow*”. Mekanisme pembentukan kedua tipe aliran debris tersebut berbeda. Tipe pertama pembentukannya berdasarkan perubahan tekanan air pori dan penyebaran gaya-gaya yang bekerja pada lapisan debris ketebalan tertentu, sedangkan tipe kedua lebih didasarkan pada akibat runtuhnya dam alam di bagian hulu sungai. Proses keruntuhan dam alam antara satu dengan lainnya berbeda, namun pada dasarnya akibat penambahan tampungan air di belakang dam.

1. Mobilized Debris Flow

Proses pembentukan aliran debris memerlukan air dalam jumlah besar untuk membuat deposit sedimen menjadi jenuh, dasar alur cukup curam untuk membentuk tekanan geser, serta ketersediaan material sedimen yang melimpah. Proses pembentukan terjadi ketika material sedimen di dasar alur menerima pasokan air hujan lebat sehingga terjadi berbagai mekanisme perubahan di dalam lapisan sedimen, proses terjadinya *mobilized debris flow* dapat dilihat pada Gambar 3.5.



Gambar 3.5 Proses Terjadinya Mobilized Debris Flow

Sumber: *researchgate.net* (Diakses 23 November 2018)

- Pada kondisi kemiringan dasar curam air rembesan dapat mencapai tinggi tertentu maka lapisan sedimen bergerak meluncur ke hilir.
- Jika pasokan air berhenti atau kurang, meskipun sempat terjadi pergerakan massa sedimen namun aliran tidak membentuk aliran debris.
- Dalam keadaan kemiringan dasar lebih landai, sebelum aliran air rembesan mencapai permukaan endapan maka material sedimen tidak akan bergerak. Ketika terjadi tambahan pasokan air maka aliran rembesan meningkat,

tinggi aliran permukaan bertambah sehingga gaya geser akibat berat material sedimen dan air rembesan menjadi lebih besar dari pada gaya geser lapisan sedimen di dekat permukaan dasar, hal tersebut mengakibatkan bagian atas lapisan sedimen menjadi lepas dan mulai bergerak. Jika pasokan air cukup memenuhi rongga antar butiran yang ikut meningkat dalam kondisi kemiringan dasar yang cukup maka aliran debris akan terus berlanjut. Jadi kedalaman aliran permukaan merupakan parameter penting dalam proses pembentukan “mobilized debris flow”

2. *Landslide Dam Debris Flow*

Dam alam pada umumnya terbentuk akibat akumulasi material hasil longsoran lereng bukit dan tebing sungai dan terbentuk dalam waktu yang singkat (Schuster 1986 dalam T.Takahashi 1991). Dam alam yang terbentuk di lembah dengan kemiringan dasar yang curam, ketika runtuh berpotensi membentuk aliran debris. Dam alam atau *natural dam* seringkali juga disebut sebagai *landslide dam* karena material pembentuk tubuh dam berasal dari material hasil longsoran (*landslide*).

Blok massa longsoran walaupun dalam skala kecil saja seringkali mampu membendung aliran sungai. Pada peristiwa longsoran skala besar dapat mengakibatkan terbentuknya dam alam yang mampu menghambat aliran pada alur lembah yang lebar. Suatu saat ketika dam tersebut runtuh maka bersama pasokan sejumlah air yang memadai dapat mengakibatkan banjir besar dibagian hilirnya. Suatu catatan statistik menunjukkan diberbagai wilayah dunia, runtuhnya dam alam umumnya disebabkan oleh limpasan air (*overtopping*) yang diikuti oleh erosi. Sebagian kecil kejadian lainnya diakibatkan oleh rembesan (*seepage*) atau longsoran (*sliding*) di tubuh dam. Contoh dam alam yang terdapat pada lereng Gunung Merapi dapat dilihat pada Gambar 3.6



Gambar 3. 6 Dam Alam Pada Lereng Gunung Api

Sumber : www.google.com (Diakses 23 November 2018)

Peristiwa longsor yang besar dapat berubah menjadi suatu guguran debris dalam mobilitas volume material yang sangat besar dan setelah berhenti banyak blok-blok tanah yang berasal dari tubuh bukit atau gunung yang longsor itu tersebar. Setelah pengendapan dan penyebaran tersebut aliran debris tampak mengalir di permukaan endapan dan membuat alur diantara gundukan. Jadi pada beberapa kasus, longsor skala besar berubah langsung menjadi aliran debris, sebagian kasus lainnya hanya sebagian yang berubah menjadi aliran debris dan kasus lainnya massa runtuh bergerak sebagai blok yang solid dari tempat asalnya menuju tempat pemberhentian tertentu. Perubahan bentuk blok massa menjadi aliran debris tentu berkaitan dengan berbagai penyebab fisik yang ada di dalam massa longsor tanah tersebut, akan tetapi pada saat perubahan, proses tersebut mungkin dipercepat oleh adanya pasokan air dari luar. (Kusumosubroto, 2012)

3.2.4 Pergerakan Massa Aliran Debris

Gerakan massa aliran debris adalah gerakan air bercampur massa sedimen debris dengan konsentrasi yang sangat tinggi di hulu sungai dengan arus deras di daerah lereng-lereng pegunungan atau gunung berapi. Gerakan massa aliran

debris tersebut biasanya terjadi di dalam alur sungai arus deras (*torrent*) yang kemiringannya lebih besar dari 15° . Bahan utama sedimen debris biasanya terdiri pasir atau lumpur bercampur kerikil dan batu-batu dari berbagai proporsi dan ukuran. (Kusumosubroto, 2012)

Dalam Takahashi (1997), Gerakan massa aliran debris dapat dinyatakan dalam persamaan sebagai berikut:

1. Aliran Debris

$$\text{Tg}\theta_d = \frac{C_*(\sigma-\rho)}{C_*(\sigma-\rho)+\rho(1+\frac{K}{d})} \tan \emptyset \quad (3.1)$$

2. Aliran Debris Hiperkonsentrasi

$$\text{Tan } \theta_h = \frac{C_*(\sigma-\rho)}{C_*(\sigma-\rho)+\rho(1+\frac{h_0}{d})} \tan \emptyset \quad (3.2)$$

Dengan : θ : Kemiringan sungai arus deras ($^\circ$)

C_* : Konsentrasi sedimen pada dasar sungai arus deras

σ :Berat jenis pasir (ton/m^3)

ρ : Berat jenis air yang mengalir (ton/m^3)

\emptyset : Sudut geser dalam lapisan sedimen

K : Konstansta eksperimen Takahashi besarnya $0,85 - 1$

h_0 : Kedalaman air (m)

d : Diameter butiran (m)

3. Aliran sedimen transport

Butiran sedimen akan mulai bergerak bila terpenuhi persamaan sebagai berikut.

$$\tau_0 > \tau_c \quad (3.3)$$

Aliran sedimen transport memiliki persamaan sebagai berikut.

$$\frac{\tau_c}{(\sigma-\rho).g.d} = 0,05 \quad (3.4)$$

$$\tau_0 = \rho.g.R.\text{Sin}\theta \quad (3.5)$$

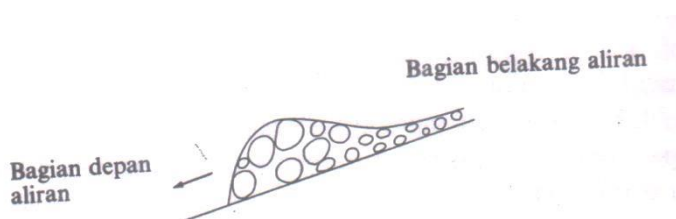
4. Konsentrasi sedimen debris dapat dinyatakan dengan persamaan sebagai berikut:

$$C_d = \frac{\rho_w \cdot \tan \theta}{(\rho_s - \rho_w)(\tan \theta - \tan \theta)} \quad (3.6)$$

Menurut T. Takahashi dalam (*Debris Flow 2nd Edition*, 2014) mengemukakan bahwa nilai C_d akan bertambah lebih besar dari pada nilai C_* , tetapi tidak mungkin terjadi aliran dengan konsentrasi yang begitu tinggi, dan berdasarkan hasil percobaan, nilai C_d selalu kurang dari atau sama dengan $0.9C_*$. Menurut JICA (2002) rumus 3.6 hanya berlaku pada kemiringan alur $\leq 20^\circ$, sedangkan pada kemiringan $> 20^\circ$ maka digunakan nilai C_d sebagai berikut.

$$C_d = 0,9 \cdot C_* \quad (3.7)$$

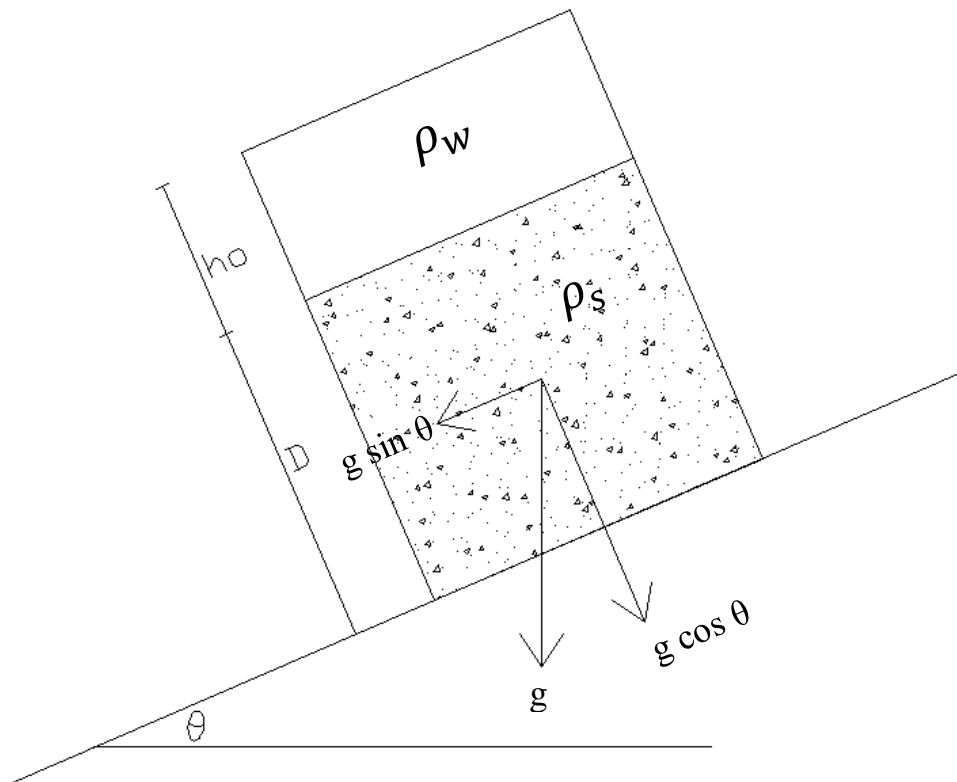
Tubuh massa aliran debris sebagaimana tertera pada Gambar 3.7 dapat dibagi menjadi dua bagian, yaitu bagian depan (bagian kepala) yang banyak terkonsentrasi oleh batuan besar dan bagian belakang (bagian ekor) yang terdiri dari butiran pasir dan kerikil. Aliran debris akan mulai bergerak pada alur sungai yang kemiringan dasarnya lebih besar dari 15° , sesampainya pada ruas yang kemiringannya sekitar 8° kecepatan gerakannya mulai berkurang dan akan berhenti pada ruas sungai dengan kemiringan sekitar 2° .



Gambar 3. 7 Bentuk Tubuh Aliran Debris

Sumber : H.Kusumobroto,2012

Pergerakan aliran debris dipengaruhi oleh tegangan geser yang terjadi pada sedimen debris. Jika tegangan geser (τ) sama dengan perlawanan geser (τ_1) maka sedimen akan dalam keadaan diam atau seimbang, dan jika tegangan geser (τ) lebih besar dari perlawanan geser (τ_1), maka sedimen debris akan bergerak. Pergerakan aliran debris dipengaruhi oleh kemiringan alur sungai, kedalaman air, dan ketebalan debris. Penampang aliran debris dapat dilihat pada Gambar 3.8.



Gambar 3. 8 Gaya yang Bekerja Pada Penampang Aliran Debris

Pada penampang tersebut bekerja gaya geser yang dijabarkan sebagai berikut.

1. Tegangan geser $\tau = g \cdot \sin \theta ((C_d \cdot (\rho_s - \rho_w) \cdot D) + (\rho_w \cdot (D + h_0)))$ (3.8)

2. Perlawanan geser $\tau_1 = g \cdot \cos \theta ((C_d \cdot (\rho_s - \rho_w) \cdot D) \cdot \tan \phi)$ (3.9)

3.3 Analisa Korelasi

Analisis korelasi digunakan untuk mempelajari hubungan antara dua variabel atau lebih, dengan maksud bahwa dari hubungan tersebut dapat diperkirakan besarnya dampak kuantitatif yang terjadi dari perubahan suatu kejadian terhadap kejadian lainnya.

Menurut Supangat (2007), yang dimaksud koefisien korelasi adalah tingkat hubungan antar dua variabel atau lebih. Hubungan antara variabel *dependendent* y dengan variabel bebas x, yang terbentuk dari model $y = f(x)$, dikatakan “pasti” jika setiap nilai variabel bebas (x) terdapat satu nilai variabel bergantung y.

3.3.1 Klasifikasi Korelasi

1. Korelasi Positif

Korelasi positif adalah tingkat hubungan antara dua variabel yang mempunyai ciri, bahwa perubahan variabel bebas (x) diikuti oleh perubahan variabel tidak bebas (y) secara searah.

2. Korelasi Negatif

Korelasi negatif adalah tingkat hubungan antara dua variabel yang mempunyai ciri bahwa perubahan variabel bebas (x) diikuti oleh perubahan variabel tidak bebas (y) secara berlawanan.

3. Korelasi Sederhana

Korelasi sederhana adalah tingkat hubungan yang terjadi antara dua variabel saja.

4. Korelasi Multiple

Tingkat hubungan yang terjadi antara dua variabel atau lebih. Misalkan pada model regresi linier.

5. Korelasi Sempurna

Korelasi sempurna adalah korelasi antara dua variabel, yaitu suatu kondisi bahwa setiap nilai variabel bebas (x) akan terdapat pada setiap nilai variabel tidak bebas (y). Hal tersebut dapat diartikan pula, bahwa garis regresi yang terbentuk dari data yang tersebar adalah merupakan tempat kedudukan dari data-data yang dimaksud, sehingga nilai r nya = 1 atau $r = -1$.

6. Korelasi Tidak Sempurna

Korelasi antara dua variabel dikatakan tidak sempurna jika titik-titik yang tersebar tidak terdistribusi tepat pada satu garis lurus.

7. Korelasi Mustahil

Korelasi antara dua variabel yang seolah-olah ada tetapi tidak ada.

3.3.2 Koefisien Korelasi (r)

Besaran yang menyatakan ada atau tidaknya hubungan (korelasi) diantara variabel-variabel yang bersangkutan dinyatakan dengan notasi (r). Nilai r tersebut dapat pula diartikan, sebagai tingkat kekuatan hubungan antara dua variabel atau

lebih baik secara langsung maupun tidak langsung. Menurut Supangat (2007), untuk mencari nilai r dapat digunakan rumus Pearson sebagai berikut.

$$r = \frac{n \cdot \sum XY - (\sum X \cdot \sum Y)}{\sqrt{\{n \cdot \sum X^2 - (\sum X)^2\} \cdot \{n \cdot \sum Y^2 - (\sum Y)^2\}}} \quad (3.10)$$

Korelasi dilambangkan dengan r dengan ketentuan nilai r tidak lebih dari harga $(-1 \leq r \leq 1)$. Apabila nilai $r = -1$ artinya korelasi negatif sempurna; $r = 0$ artinya tidak ada korelasi; dan $r = 1$ artinya korelasinya sangat kuat. Interpretasi koefisien korelasi nilai r dapat dilihat pada Tabel 3.2.

Tabel 3. 2 Interpretasi Koefisien Korelasi Nilai r

Interval Koefisien	Tingkat Hubungan
0,8 – 1	Sangat Kuat
0,6 – 0,799	Kuat
0,4 – 0,599	Cukup Kuat
0,2 – 0,399	Lemah
0 – 0,199	Sangat Lemah

Sumber: repository.usu.ac.id (Diakses 5 November 2018)

3.3.3 Koefisien Determinasi (R)

Koefisien determinasi digunakan untuk melihat seberapa besar variabel-variabel independen secara bersama mampu memberikan penjelasan mengenai variabel dependen yang nilai R berkisar antara 0 sampai 1 ($0 \leq R \leq 1$). Semakin besar nilai R , maka semakin besar variasi variabel dependen yang dapat dijelaskan oleh variasi variabel – variabel independen. Sebaliknya jika R kecil, maka akan semakin kecil variasi variabel dependen yang dapat di jelaskan oleh variabel independen. Besaran yang digunakan untuk menyatakan tingkat kekuatan hubungan dalam bentuk persen (%). Menurut Supangat (2007) besaran dinyatakan dalam R yang memiliki persamaan sebagai berikut.

$$R = r^2 \quad (3.11)$$

3.4 Analisa Regresi

Persamaan garis regresi merupakan model hubungan antara dua variabel atau lebih, yaitu antara variabel bergantung (*dependent variable*), dengan variabel

bebasnya (*independent variable*). Garis regresi adalah suatu garis yang ditarik di antara titik-titik sedemikian rupa sehingga dapat digunakan untuk menaksir besarnya variabel yang satu dengan variabel yang lain, dan dapat digunakan untuk mengetahui macam korelasinya (positif atau negatifnya). Model regresi linear sederhananya adalah $y = a + bx$.

Berdasarkan Supangat (2007), rumus penggunaan metode matriks dapat dilihat sebagai berikut:

$$\sum y = n \times a + b \sum x \quad (3.12)$$

$$\sum yx = a \sum x + b \sum x^2 \quad (3.13)$$

$$|A| = \begin{vmatrix} n & \sum x \\ \sum x & \sum x^2 \end{vmatrix} \quad (3.14)$$

$$a = \frac{\begin{vmatrix} \sum y & \sum x \\ \sum xy & \sum x^2 \end{vmatrix}}{|A|} \quad (3.15)$$

$$b = \frac{\begin{vmatrix} n & \sum y \\ \sum x & \sum yx \end{vmatrix}}{|A|} \quad (3.16)$$

Dengan : a: Konstanta

b : Angka arah atau koefisien regresi, yang menunjukkan angka peningkatan ataupun penurunan variabel dependen yang didasarkan pada variabel independen. Bila b (+) maka naik, dan bila (-) maka terjadi penurunan.

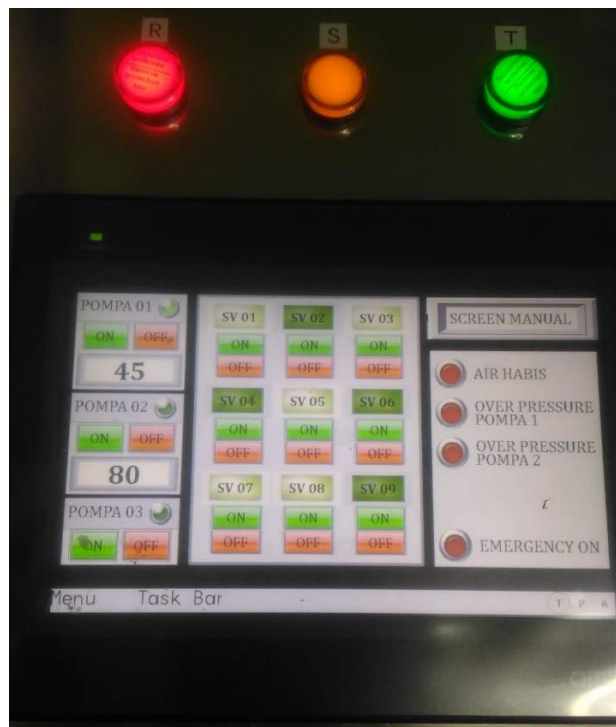
x : subyek pada variabel Independen yang mempunyai nilai tertentu Secara teknis harga b merupakan tangen dari (perbandingan) antara

|A| : Koefisien model matrik

3.5 Artificial Rainfall Aparatus System

Artificial rainfall aparatus system merupakan alat simulator hujan yang dapat menghasilkan intensitas hujan dengan pengaturan secara komputerisasi.

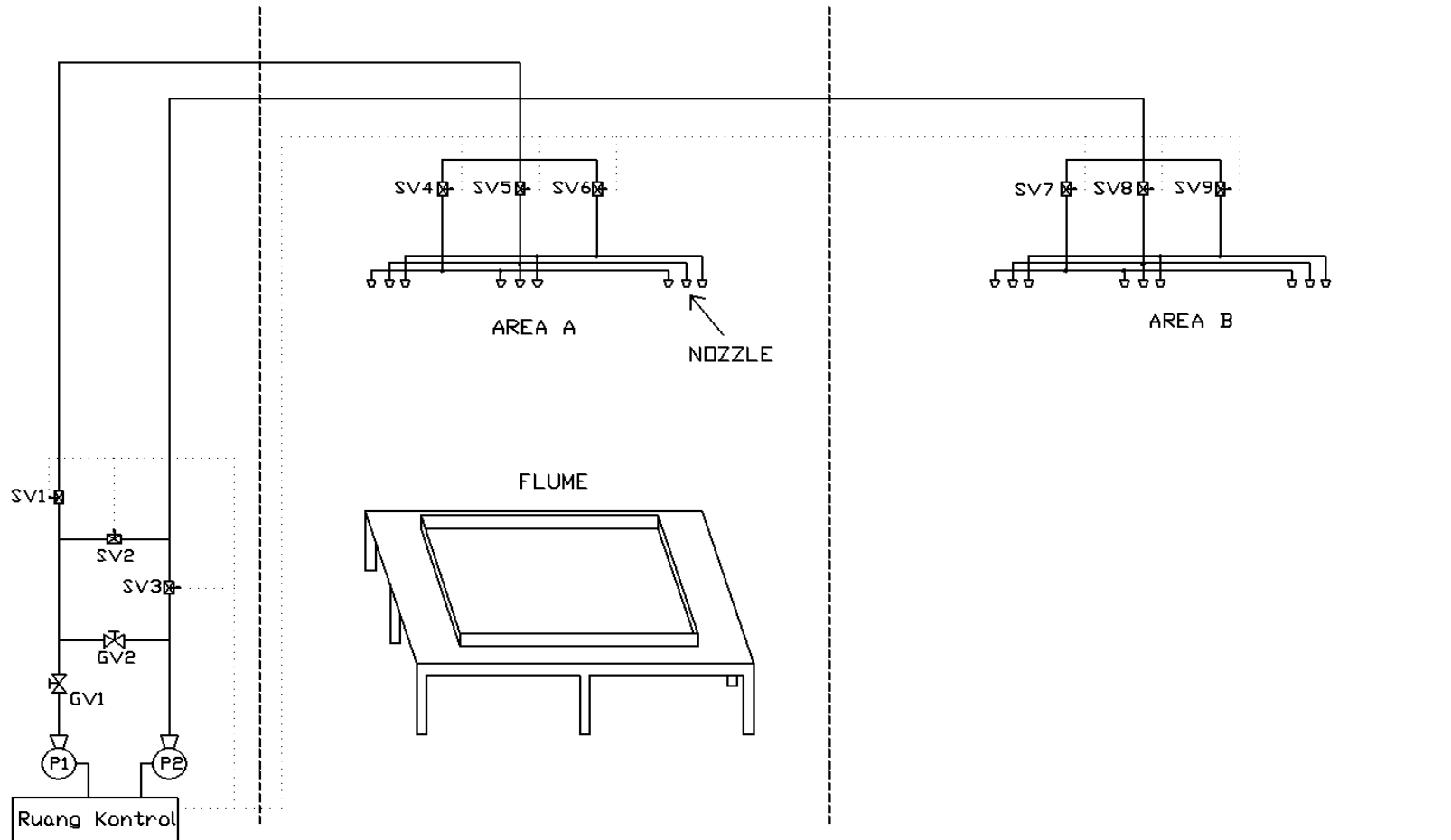
Alat tersebut menggunakan dua buah pompa dengan sembilan katup atau *sprayer* sebagai pemancar hujan. Pada kondisi tekanan pompa 80% dengan semua katup dibuka dapat menghasilkan hujan dengan intensitas 198 mm/jam. Alat tersebut memiliki batas minimum intensitas hujan yaitu 20 mm/jam. Pengaturan bukaan katup dan tekanan pompa dilakukan dengan menggunakan layar sentuh yang berada pada *main board*. Panel tersebut dapat dilihat pada Gambar 3.9



Gambar 3. 9 Panel Instrumen *Artificial Rainfall Aparatus System*

Sumber : Dokumentasi Pribadi

Alat *artificial rainfall apparatus system* memiliki skema pengaliran air menjadi hujan yang dapat dilihat pada Gambar 3.10.

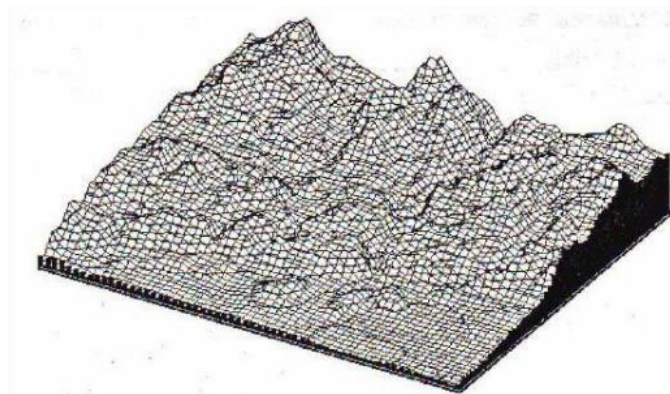


Gambar 3. 10 Skema Artificial Rainfall Aparatus System

3.6 Software SURFER

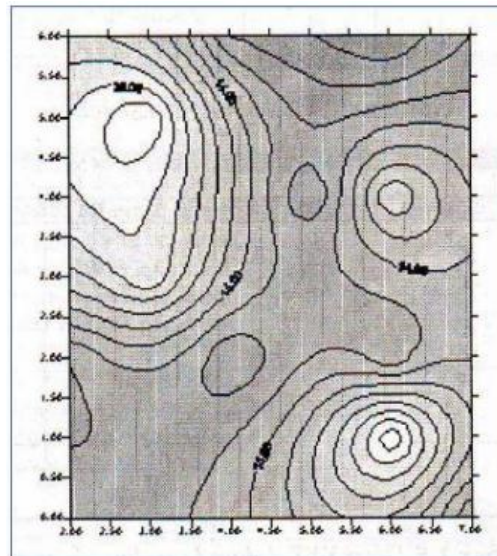
Surfer adalah salah satu perangkat lunak yang digunakan untuk pembuatan peta kontur dan pemodelan tiga dimensi yang berdasarkan pada *grid*. *Surfer* melakukan *plotting* data tabular xyz tak beraturan menjadi lembar titik-titik segi empat (*grid*) yang beraturan. *Grid* adalah serangkaian garis vertikal dan *horizontal* yang dalam *surfer* berbentuk segi empat dan digunakan sebagai dasar pembentuk kontur dan *surface* tiga dimensi. Garis vertikal dan *horizontal* memiliki titik-titik perpotongan. Pada titik perpotongan disimpan nilai *z* yang berupa titik ketinggian atau kedalaman. *Gridding* merupakan proses pembentukan rangkaian nilai *z* yang teratur dari sebuah data xyz. Hasil dari proses *gridding* adalah *file grid* yang tersimpan pada *file .grid* (Saleh, 2011).

Lembar kerja *surfer* terdiri dari tiga bagian, yaitu *surface plot*, *worksheet*, *editor*. *Surface plot* adalah lembar kerja yang digunakan untuk membuat peta atau *file grid*. Pada saat awal dibuka, lembar kerja tersebut berada pada kondisi yang masih kosong. Pada lembar *plot*, peta dibentuk dan diolah untuk selanjutnya disajikan. Lembar *plot* digunakan untuk mengolah dan membentuk peta dalam dua dimensional, seperti peta kontur, dan peta tiga dimensional seperti bentukan muka tiga dimensi. Lembar *plot* tersebut menyerupai lembar *layout* yang dapat digunakan untuk melakukan pengaturan ukuran, teks, posisi obyek, garis, dan berbagai properti lain. Pada lembar tersebut pula diatur ukuran kertas kerja yang akan digunakan sebagai media pencetakan peta (Saleh, 2011). Contoh hasil output *surfer* dapat dilihat pada Gambar 3.11 dan 3.12.



Gambar 3. 11 Peta Tiga Dimensi

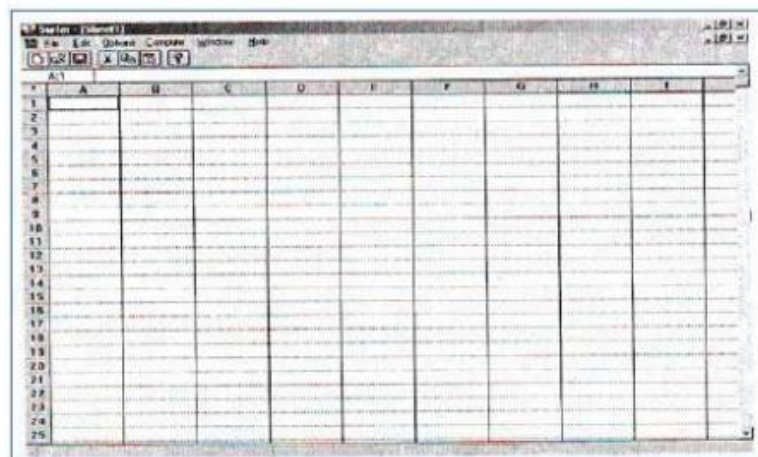
Sumber: Saleh, 2011



Gambar 3. 12 Peta Kontur

Sumber: Saleh, 2011.

Worksheet merupakan lembar kerja yang digunakan untuk melakukan masukan data xyz. Data xyz adalah modal utama dalam pembuatan peta pada *surfer*. Dari data xyz dibentuk *file grid* yang selanjutnya diinterpolasikan menjadi peta-peta kontur atau peta tiga dimensi. Lembar *worksheet* memiliki tampilan awal yang hampir mirip dengan lembar kerja *Excel*. Data yang dimasukkan dari *worksheet* akan disimpan dalam *file .dat* (Saleh, 2011). *Worksheet* pada *surfer* dapat dilihat pada Gambar 3.13.



Gambar 3. 13 Worksheet Pada Surfer

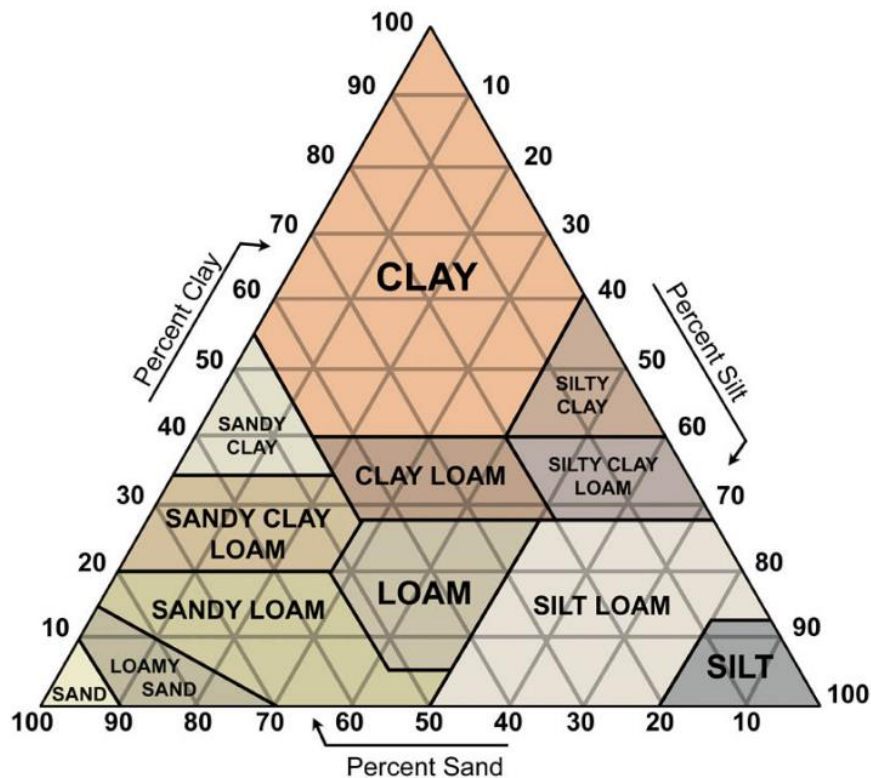
Sumber: Saleh, 2011

3.7 Klasifikasi Tanah Metode *United States Department of Agriculture* (USDA)

. Pada tahun 1960, *United State Department of Agriculture* (USDA) memperkenalkan sistem klasifikasi tanah yang baru yang disebut *Comprehensive System* atau *Soil Taxonomy*. Sistem klasifikasi USDA lebih banyak menekankan pada morfologi dan kurang menekankan pada faktor-faktor pembentuk tanah. Sistem klasifikasi tanah berdasarkan tekstur tanah, distribusi ukuran butir dan plastisitas tanah menurut *United State Department of Agriculture* (USDA) adalah:

1. Pasir : ukuran butiran antara 2,0 – 0,05 mm
2. Lanau : ukuran butiran 0,05 – 0,002 mm
3. Lempung : ukuran butiran < 0,002 mm

Berdasarkan USDA, klasifikasi tanah dengan menggunakan segitiga taksonomi tanah yang dapat dilihat pada Gambar 3.14



Gambar 3. 14 Segitiga Taksonomi Tanah Menurut USDA

Sumber www.academia.edu. Diakses 29 Januari 2019