

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Penelitian Terkait

Penelitian ini terkait dengan penelitian yang dilakukan oleh Novianta (2010) dan Edhy dkk, (2013) yaitu pengukuran kecepatan aliran, dimana kecepatan pada penelitian ini digunakan sebagai pembanding laju material sedimen. Novianto membuat alat ukur laju fluida menggunakan metode efek dopler. Metode tersebut memanfaatkan sensor ultrasonik untuk mengukur laju fluida. Hasil dari penggunaan metode tersebut masih kurang baik jika pengukuran dilakukan di lapangan, karena sensor ultrasonik yang sangat sensitif. Sensitifitas sensor tersebut mengakibatkan fluida udara juga ikut terbaca sehingga diperoleh *error* penyimpangan yang cukup besar. Sedangkan penelitian yang dilakukan Edhy, dkk, memanfaatkan putaran baling baling sebagai alat ukur laju fluida air. Metode yang digunakan memanfaatkan sensor fotodiode sebagai alat ukur putaran baling – baling, kemudian ditampilkan dalam layar LCD. Hasil pengujian pada penelitian ini menghasilkan *error* pengukuran yang cukup besar yaitu 0,345%.

Arus memiliki peranan penting dalam proses analisis aliran sungai terutama dalam menentukan debit aliran. Debit merupakan kuantitas air yang mengalir pada waktu tertentu. Penelitian yang dilakukan (Ratnata, dkk, 2013) mengkaji potensi energi listrik mikrohidro dari tinggi kemiringan aliran. Kemiringan aliran tersebut dapat dikonversikan ke tekanan dengan mengalikan massa jenis air dan percepatan gravitasi untuk mencari nilai efisiensi energi yang dihasilkan dari turbin. Penelitian yang terkait dengan pengukuran tekanan adalah penelitian yang dilakukan (Syaryadhi dkk, 2008) yang memanfaatkan sensor *flexiforce* sebagai alat ukur berat badan bayi, dimana alat dirancang dengan dua buah lapisan tebal dengan 4 buah pegas pada masing masing sisi dan satu buah besi penyangga pada bagian tengah yang digunakan untuk menekan *flexiforce*. Hasil tersebut diperoleh dari hubungan berat dan tegangan tidak linier tetapi menunjukkan perbandingan yang diperkuat antar berat dan tegangan. Sensor tersebut dapat digunakan untuk mengukur tekanan dalam air guna mendapatkan tekanan dalam air, dan juga sebagai penentu nilai efisiensi aliran dalam memutar turbin.

Penelitian kali ini dilakukan dengan memanfaatkan kamera CCD dan sensor *flexiforce* untuk proses pengambilan data material dan tekanan arus dalam air guna mengetahui tekanan di dalam air pada kedalaman tertentu dan menganalisis laju aliran berdasarkan material sedimen yang hanyut. Dimana alat ini nantinya dapat digunakan sebagai alat pengukur debit material sedimen untuk memprediksi pengendapan yang terjadi pada dasar sungai. *Flexiforce* dalam penelitian ini digunakan untuk mengetahui data tekanan aliran air yang

terjadi pada air sungai dengan kedalaman tertentu. Data tekanan digunakan untuk mengukur efisiensi tekanan arus yang dapat memutar turbin.

B. Teori Dasar

1. Air

Menurut (Hatmoko & Triweko, 2011) air merupakan sumber kehidupan makhluk hidup di dunia. Sifat air berbeda dengan sumber daya yang lain, air merupakan sumber daya yang mengalir (*flowing resources*), tidak bergantung administrasi dan dibutuhkanya bergantung pada ruang, waktu jumlah dan mutu. Air merupakan sumber kehidupan yang sangat esensial bagi makhluk hidup di dunia. Tidak ada satupun makhluk hidup di dunia ini yang bisa hidup tanpa air. Makhluk hidup memiliki kandungan air di dalam struktur tubuhnya baik itu tumbuhan, hewan bahkan manusia. Sel makhluk hidup yang dimiliki tumbuhan hewan dan manusia pun mengandung air, sekitar 75% air dalam tumbuhan dan 67% yang terkandung dalam tubuh hewan. Dari 40 juta kubik kandungan air yang terdapat di permukaan tanah hanya 0,5% saja yang dapat dimanfaatkan untuk kepentingan manusia, karena 97% air yang berada dipermukaan merupakan air laut yang asin dan sisanya dalam keadaan membeku (salju) yang dapat dimanfaatkan ketika salju tersebut sudah mencair (Widiyanti & Ristianti, 2004).

Air di dunia ini sangat banyak sehingga menghasilkan beberapa sumber air, misalnya air laut, air permukaan, air tanah, dan air hujan. Begitu juga Indoneisa yang beriklim tropis, walaupun hanya memiliki dua musim yaitu musim

penghujan dan musim kemarau tetapi sumber air tetaplah sama (Alamsyah, 2006). Salah satu sumber air yang sangat dimanfaatkan manusia dalam kehidupannya adalah air hujan. Air hujan terjadi karena proses hidrologi.

Secara alami air bergerak dari hulu ke hilir dan dari dataran tinggi ke dataran rendah. Air ada yang mengalir di permukaan tanah dan ada yang meresap ke dalam tanah. Semua itu adalah proses alami yang terjadi pada air. Bentuk air dapat berupa cairan, es, bahkan ada yang dalam bentuk uap air (gas). Bentuk tersebut dapat berubah sesuai dengan keadaan alam yang terjadi. Gas (uap air) terbentuk ketika mengalami pemanasan hingga 100 °C, dan berubah menjadi air kembali ketika berada pada suhu tertentu. Air berubah padat yaitu es atau salju ketika berada pada suhu 0 °C. Bahkan air dapat berubah menjadi tawar atau asin seperti air laut. Proses alami seperti pergerakan air dalam tanah, udara dan permukaan tanah ini sering dikenal dengan siklus hidrologi (Kodoatie & Syarief, 2010).

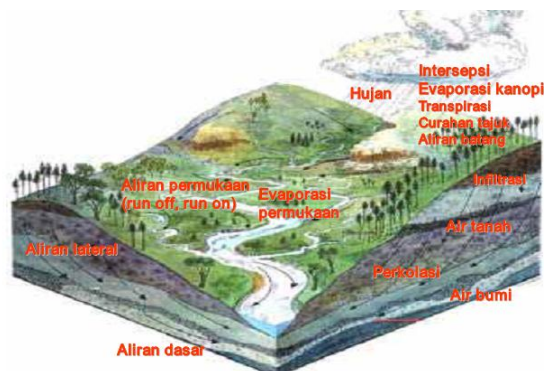
Siklus hidrologi diawali dengan penguapan akibat panas matahari yang menyinari permukaan bumi seperti air laut, tumbuhan dan tanah. Panas yang diakibatkan matahari menimbulkan penguapan pada air laut (evaporasi), tumbuhan (Evaponstraspirasi) dan tanah. Penguapan tersebut mengakibatkan terbentuknya awan, karena pengaruh kalimotologi mengakibatkan awan tertiuap angin hingga sampai ke daratan. Perbedaan suhu yang terjadi di udara mengakibatkan air yang menguap menjadi awan berubah menjadi butiran butiran air hujan. Air hujan yang jatuh di permukaan mengalir ke sungai membawa butiran butiran tanah/pasir yang terdapat dari pegunungan (Iriyani &

Prama, 2008). Air yang sampai ke tanah selanjutnya mengalir menuju daerah aliran sungai.

2. Daerah Aliran Sungai (DAS)

Daerah Aliran Sungai atau DAS merupakan salah satu bentuk dari lanskap yaitu panorama yang ada di permukaan bumi yang terbentuk dari geomorfologi. Lanskap tersusun dari berbagai komponen, seperti air, tanah dan sebagainya yang salah satunya itu adalah DAS.

DAS merupakan daerah yang terbentuk secara alami dan dilalui oleh aliran air yang menjadi satu kesatuan dengan sungai dan anak sungai. Sungai dan anak sungai memiliki manfaat untuk menampung, menyimpan dan mengalirkan air dari tempat tinggi ke tempat yang rendah. Curah hujan yang terbentuk karena siklus hidrologi mengakibatkan terbentuknya sungai dan anak sungai. Sesuai dengan proporsi curah hujan yang terjadi maka terbentuklah aliran air yang tertata oleh alam (Rahayu, dkk, 2009).



Gambar 2.1. Siklus hidrologi daerah aliran sungai (Rahayu dkk, 2009).

Aliran yang terbentuk tentu tidak hanya membawa air. Air mengalir dari tempat tinggi ke tempat yang lebih rendah, mulai dari aliran, debit dan kontur tanah yang terkena dampak hujan tentunya membawa sedikit sampah. Sampah yang terbawa tidak hanya berupa daun atau yang lain, bahkan butiran seperti kerikil bahkan pasir pun ikut terbawa (hanyut) oleh air.

Kegiatan pengolahan daerah aliran sungai (DAS) sudah dilakukan beberapa abad silam. Kegiatan ini agar DAS mampu menahan curah hujan yang tinggi dalam fungsi transmisi air, penyangga pada puncak kejadian hujan, pelepasan air secara perlahan, memelihara kualitas air, mengurangi perpindahan masa tanah misal, longsor, erosi dan mempertahankan iklim mikro (Noordwijk dkk, 2004). DAS juga berfungsi menjaga kualitas sumber air serta meningkatkan kualitas dan kuantitas air (Verbist dkk, 2004). Proses pengolahan Daerah Aliran Sungai terutama pada longsor dan erosi yang menyebabkan banyak permasalahan terutama pendangkalan pada DAS, atau lebih dikenal dengan pengendapan (sedimentasi), karena perilaku manusia yang tidak baik, seperti penggundulan hutan yang menimbulkan banyak masalah seperti kekurangan air saat musim kemarau dan banjir pada saat musim penghujan. Lahan hutan yang digunduli dan diiringi dengan curah hujan yang tinggi menimbulkan banyak masalah, karena hutan merupakan kawasan tangkapan air yang mempunyai fungsi dan potensi wilayah sebagai penyedia air (Kodoatie R. J., 2009).

3. Sedimentasi

Sedimen merupakan hasil proses erosi, baik erosi permukaan, parit atau erosi lainnya. Sedimen biasanya mengendap di bagian bawah pada saluran air atau sungai. Besar sedimen disebabkan oleh erosi yang terukur pada waktu dan tempat tertentu yang terjadi di daerah aliran sungai dapat dikatakan sebagai hasil sedimentasi dan biasanya diperoleh dengan pengukuran tertentu di sungai atau pengukuran secara langsung di waduk (Alimudin, 2012).

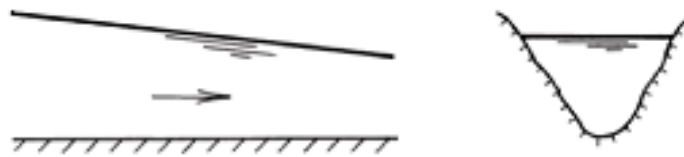
Perjalanan partikel material dasar yang diakibatkan oleh arus air dapat berupa *bad-load* dan *suspended load*. *Bad-load* merupakan jenis material yang bergerak mengelincir atau menggelinding pada dasar sungai. *Suspended load* merupakan material melayang karena tersangga oleh aliran air, kemungkinan juga mengandung beberapa *wash load*. *Wash load* atau material cuci terdiri dari partikel lanau dan debu yang terbawa oleh aliran air, dan material sedimen hampir tidak berpengaruh terhadap bentuk daerah aliran sungai (Pangestu & Haki, 2013).

4. Sungai

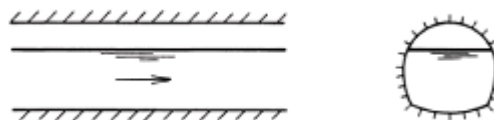
Salah satu tempat berkumpulnya air yang mengalir dari dataran tinggi ke dataran rendah adalah sungai. Daerah sekitar sungai merupakan daerah penyangga sungai yang menyuplai air pada sungai. Suplai air di daerah penyangga dipengaruhi oleh aktivitas yang berada pada sekitar sungai. Pada umumnya kualitas air di daerah hulu sungai lebih baik dibandingkan dengan daerah hilir sungai (Wiwoho, 2005). Berdasarkan Undang – Undang 7 tahun

2004 tentang sumber daya air, yang dimaksud dengan sungai adalah suatu wilayah pengolahan sumber daya air dalam satu atau lebih daerah aliran sungai (Yuliasuti, 2011).

Air merupakan salah satu bentuk fluida dan sungai merupakan salah satu contoh fluida mengalir yang kita ketahui. Banyak macam jenis aliran antara lain aliran udara dan aliran air, dimana air dan udara merupakan jenis fluida. Pada penelitian ini masalah dibatasi hanya untuk aliran air. Aliran dapat dibedakan menjadi dua yaitu aliran saluran tertutup (*Pipe Flow*) dan aliran saluran terbuka (*Open Channel Flow*).



Gambar 2.2. Saluran aliran terbuka (*open channel flow*) (Chaudhry, 2008).



Gambar 2.3. Saluran aliran tertutup (*pipe flow*) (Chaudhry, 2008).

Pipe Flow merupakan bentuk aliran air yang terjadi pada pipa atau mengabaikan faktor tekanan luar karena keadaannya yang tertutup. Sedangkan aliran saluran terbuka (*Open Channel Flow*) tidak mengabaikan tekanan atmosfer. Sungai merupakan salah satu contoh dari aliran saluran terbuka sehingga dalam penelitian ini akan lebih banyak membahas aliran saluran terbuka.

Aliran atau arus merupakan gerak massa air baik horizontal maupun vertikal. Arus sungai merupakan gerakan air dari hulu menuju hilir faktor yang mempengaruhi tanah dasar, gaya coriolis dan perbedaan densitas (Agustini dkk, 2013; Wibisono, 2011). Penelitian tentang arus, tidak akan terlepas dari kata debit, debit merupakan volume alir yang mengalir pada suatu penampang dengan waktu tertentu (Priyantini, 2010; Prinyantini & Irjan, 2009). Untuk mengetahui debit terlebih dahulu harus mengukur kecepatan aliran, setelah itu luas penampang sungai. Dengan dua parameter tersebut dapat dirumuskan nilai persamaan debit seperti persamaan (2-1)

$$Q = v A \quad (2-1)$$

dimana:

Q = debit air (m^3/detik);

v = kecepatan aliran (m/s);

A = Luas Penampang sungai melintang (m^2), (Subekti, 2010).

Debit juga berperan dalam proses pembangkit listrik, yaitu PLTMH. PLTMH merupakan kepanjangan dari Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro, dalam hal ini PLTMH memanfaatkan kondisi air, yaitu debit. Pada penelitian yang dilakukan Galla dkk, (2012) dengan memanfaatkan debit air terbesar $7,8 \text{ m}^3/\text{detik}$ dan debit air terkecil $2-4 \text{ m}^3/\text{detik}$.

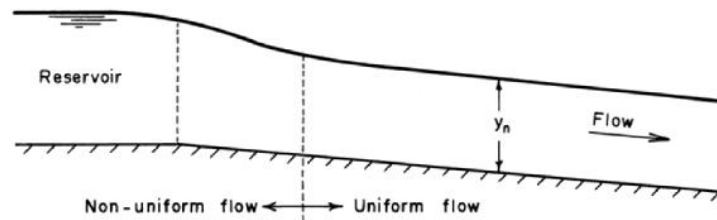
Telah dibahas pada persamaan (2-1) ada 2 faktor yang mempengaruhi debit air, salah satunya yaitu aliran air. Beberapa bentuk klasifikasi aliran air adalah sebagai berikut.

1. Aliran *Steady* dan *Unsteady*

Aliran *steady* merupakan kecepatan aliran pada titik tertentu yang tidak berubah terhadap waktu, $\frac{\partial v}{\partial t} = 0$. Aliran *unsteady* adalah kecepatan aliran pada titik tertentu yang berubah berdasarkan waktu. Contoh dari aliran air *unsteady* yaitu gelombang aliran (Chaudhry, 2008).

2. Aliran *Unifrom* dan *Nonuniform*

Aliran *Uniform* merupakan bentuk aliran yang seragam berdasarkan kedalaman atau kecepatan aliran yang sama pada permukaan dan dasar sungai. Sebaliknya, kecepatan aliran yang berubah – ubah berdasarkan kedalaman disebut sebagai aliran *nonuniform*. (Chaudhry, 2008).



Gambar 2.4. Aliran *nonuniform* dan *uniform* (Chaudhry, 2008).

3. Aliran *Laminar* dan *Turbulent*

Aliran dapat dikatakan *laminar* jika sebuah partikel cairan muncul dan bergerak pada bagian yang halus dan aliran muncul bergerak sebagai lapisan tipis. Sedangkan *turbulent* merupakan cairan yang bergerak tidak

menentu. Perbandingan besar viskositas dan gaya inersia menghasilkan bentuk aliran yang *turbulent* atau *laminar*.

Sebagai salah satu sumber daya alam yang berada di dunia, sungai dapat memberikan manfaat ataupun kerugian bagi masyarakat yang menggunakannya. Pertambahan jumlah penduduk dan meningkatnya aktifitas masyarakat mengakibatkan dampak negatif bagi sumber daya air, serta meningkatnya daya rusak air, yaitu erosi, sedimentasi, dan banjir (Mananoma, dkk, 2005). Hal tersebut diakibatkan karena pemanfaatan dan perawatan sungai yang tidak dilakukan dengan baik. Salah satu penanggulangan dari dampak air yang merusak adalah memprediksi angkutan sedimentasi, karena sedimentasi dapat menyebabkan pendangkalan pada daerah hilir sungai, mengakibatkan banjir pada musim hujan dan kekeringan pada musim kemarau (Wahid, 2009), karena fungsi daerah aliran air yang kurang dalam menampung air.

5. Kecepatan

Bidang Fisika yang membahas pergerakan benda adalah Kinematika yang merupakan salah satu cabang bidang ilmu dalam mekanika. Pengertian kecepatan itu sendiri adalah laju perubahan posisi dari benda itu. Kecepatan merupakan besaran vektor yang dapat ditampilkan kedalam bentuk kecepatan rata-rata dan kecepatan sesaat. Kecepatan rata rata merupakan perubahan posisi benda Δr dibagi dengan selang waktu Δt . Dan dapat dirumuskan seperti persamaan (2-4).

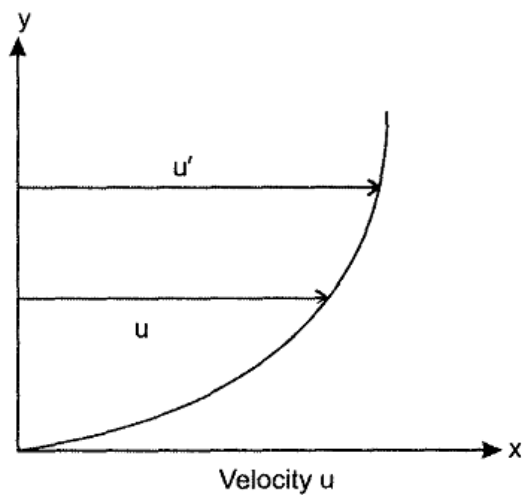
$$\bar{v} = \frac{\Delta r}{\Delta t}, \quad (2-4)$$

Kemudian kecepatan sesaat merupakan kecepatan pada suatu saat, merupakan kecepatan rata-rata dalam selang waktu terkecil Δt , dan dapat dirumuskan seperti persamaan (2-5).

$$\bar{v} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \bar{v} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta r}{\Delta t} = \frac{dr}{dt}, \quad (2-5)$$

Persamaan (2-5) memiliki makna bahwa kecepatan sesaat merupakan turunan dari perubahan posisi terhadap waktu (Jati & Priyambodo, 2007).

Kecepatan pada aliran sungai yang merupakan aliran saluran terbuka berbeda dengan kecepatan pada pipa yaitu saluran tertutup. Kecepatan aliran pada saluran terbuka selalu memperhatikan faktor tekanan atmosfer. Kecepatan aliran pada saluran terbuka terkadang berbeda pada permukaan dan dasar sungai, seperti profil kecepatan pada aliran sungai pada Gambar 2.5 y merupakan kedalaman sungai dan x merupakan kecepatan aliran.



Gambar 2.5 Profil kecepatan (Husain, dkk, 2008).

Hasil penelitian yang dilakukan oleh Azareh dkk, (2014) terhadap faktor gesekan aliran fluida dengan dasar sungai yang menyebabkan kecepatan pada aliran permukaan sungai dengan dasar sungai berbeda. Hasil dari penelitian

tersebut bahwa nilai kecepatan aliran sungai memiliki faktor koreksi sebesar 65% dari kecepatan permukaannya atau kecepatan maksimalnya. Selaras dengan pendapat Rahayu dkk, (2009) pengukuran kecepatan menggunakan metode manual yang memiliki faktor koreksi dengan dasar kasar sebesar 0,75 dan dasar halus sebesar 0,85 tetapi secara umum faktor koreksi yang digunakan adalah 0,65 untuk mencari kecepatan dari pengukuran pada sungai.

6. Sensor Tekanan

Tekanan merupakan suatu besaran yang sangat penting dalam fisika. Tekanan adalah suatu parameter disiplin ilmu yang diterapkan dalam berbagai bidang, seperti termodinamika, aerodinamika, mekanika fluida dan biofisika (Ripka & Tipek, 2007). Tekanan memiliki pengertian perbandingan besar gaya F terhadap luas bidang penampang A , dan dapat dirumuskan seperti persamaan (2-6)

$$P = \frac{F}{A} , \quad (2-6)$$

dimana:

P = Tekanan (N/m^2);

F = Gaya (N);

A = Luas Permukaan (m^2).

Persamaan (2-6) merupakan persamaan yang berlaku untuk masa fluida yang diabaikan dan tekanan dianggap sama di semua titik (Sears & Zemansky, 1994; Ripka & Tipek, 2007).

Salah satu sensor yang dapat digunakan untuk mengetahui tekanan tersebut adalah *Flexiforce*. *Flexiforce* merupakan jenis sensor yang digunakan merubah besaran fisis berat menjadi elektris hambatan. Respon tegangan sensor ini berbanding lurus dengan berat yang diberikan Syaryadhi dkk, (2008). Meskipun tidak linier, sensor ini dapat berubah berdasarkan berat yang diberikan, semakin berat objek yang menekan daerah aktif sensor, maka semakin kecil hambatan yang dihasilkan. Prinsip kerja dari sensor *Flexiforce* ini mirip dengan sensor *piezoresistive force* (Tekscan, 2014). Perubahan hambatan listrik yang terjadi pada material ketika mengalami perubahan bentuk dapat dikatakan sebagai *piezoresistive effect*. Dalam beberapa kasus, *effect* tersebut adalah sebuah sumber *error*. Di sisi lain, hal tersebut memiliki respon terhadap tekanan, yang dirumuskan seperti persamaan (2-7).

$$P = \frac{F}{A} = E \frac{\Delta l}{l}, \quad (2-7)$$

dimana:

P = tekanan (N/m²);

F = gaya (N);

A = luas daerah yang terkena gaya (m²);

E = Modulus Young (N/m²);

$\frac{\Delta l}{l}$ = regangan.

Pada persamaan (2-7) terdapat sebuah karakteristik elastisitas material yang memiliki nilai berbeda – beda untuk setiap material yang diwakili dengan simbol E atau sering disebut dengan Modulus Young. Setiap material memiliki karakteristik yang berbeda – beda terhadap nilai hambatannya. Respon material terhadap hambatan sering disebut dengan *resistivity* disimbolkan dengan

lambang ρ yang memiliki satuan internasional Ωm , dan dirumuskan seperti persamaan (2-8)

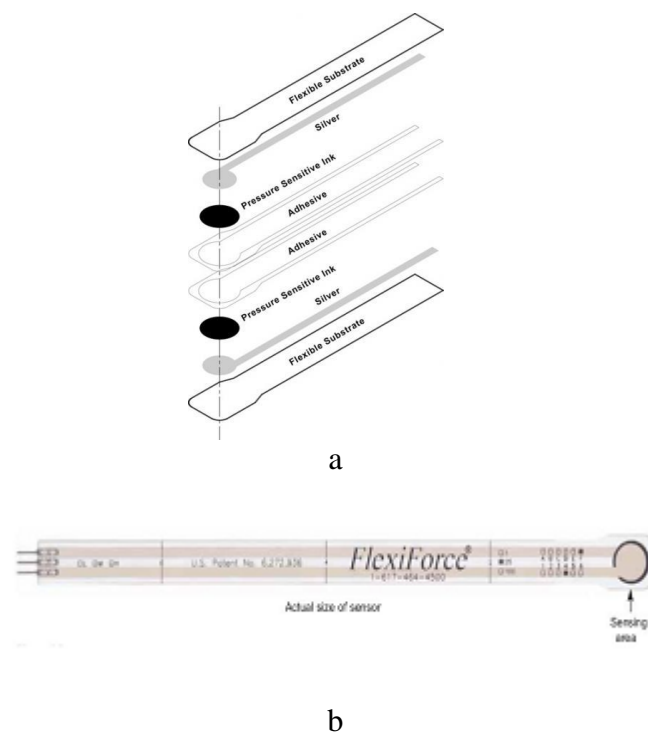
$$R = \rho \frac{l}{a}, \quad (2-8)$$

dimana :

a = luas material (m^2) dan

l = panjang konduktor, (Fraden, 2004).

Berikut adalah gambar dari sensor tekanan yang digunakan dalam penelitian ini,



Gambar 2.6. Sensor *flexiforce*, a) konstruksi *flexiforce* (Tekscan, 2014) dan b) *real flexiforce*

Sensor *flexiforce* ini memiliki karakteristik penggunaan sebagai berikut:

3 range pengukuran : 1 lb
: 10 lb

	: 100 lb
Akurasu	: +/- 5%
Presisi	: +/- 2,5%
Resolusi	: 10 ons (0,01kg)

(Syaryadhi dkk, 2008).

7. Pengkondisi Sinyal

Pengkondisian sinyal adalah sistem elektronika yang bertugas mengondisikan sinyal dari sensor agar sesuai dengan kebutuhan sinyal untuk mikrokontroler. Rangkaian pengkondisi sinyal berfungsi merubah sinyal analog agar sinyal tersebut sesuai dengan keperluan pada tingkat pemrosesan yang selanjutnya. Sinyal input yang diterima oleh pengkondisi sinyal dapat berupa tegangan dan arus DC, tegangan dan arus AC, frekuensi dan muatan listrik (Andrianto, 2013).

8. Citra

Kemampuan manusia yang mampu melihat berbagai macam warna merupakan suatu kemampuan yang fantastis. Tidak hanya membuat bergetar ketika melihat keindahan dunia, warna juga dapat membuat ekspresi emosi pada manusia (Fernandez & Maloigne, 2013). Pengolahan citra merupakan bidang ilmu yang bersifat multidisipliner, banyak aspek terutama dalam bidang fisika optik, nuklir, gelombang dan lainnya. Citra merupakan suatu representasi, kemiripan imitasi dari suatu objek atau benda. Jadi, foto suatu objek

merupakan sebuah entitas dari suatu objek itu sendiri di depan kamera. Citra dikelompokkan menjadi citra tampak dan tidak tampak. Banyak dalam kehidupan sehari-hari yang dapat dijadikan contoh sebagai citra tampak, misalnya gambar foto, gambar tangan, lukisan, segala sesuatu yang tampak pada layar, televisi serta hologram. Data gambar dalam file (citra digital) dan citra yang direpresentasikan dalam bentuk matematis merupakan jenis citra tak tampak. Dari sekian banyak citra yang ada di dalam kehidupan sehari-hari, hanya citra digital yang dapat diolah dengan komputer (Achmad & Firdausy, 2005).

Secara umum pengolahan citra mengacu pada pengolahan 2 dimensi menggunakan *software* pengolahan citra dan mengacu pada 2 data setiap 2 dimensi. Citra digital merupakan sebuah larik array yang berisi nilai-nilai real maupun kompleks yang direpresentasikan dengan deretan bit tertentu (Putra, 2010).

1. Format Citra

Citra direpresentasikan oleh matriks data yang membuat berbagai informasi tentang fungsi nilai citra tersebut. Dengan kata lain, citra yang tampak oleh mata merupakan sekumpulan nilai tertentu yang membentuk suatu pola yang telah dikondisikan. Derajat tingkat keabuan yang lazim sering digunakan adalah 8 bit, 24 bit dan 32 bit. Keabuan pada tingkat yang berbeda memiliki representasi nilai masing-masing bergantung pada format pixel yang digunakan. Misalnya, untuk derajat keabuan 8 bit, maka citra

akan memiliki nilai rentang intensitas warna dari 0 – 225, begitu juga untuk citra 16 bit akan memiliki derajat keabuan sebesar 2 x 8 bit yang artinya akan memiliki rentang intensitas warna dari 000-000 hingga 225-225, begitu pula untuk 24 bit akan memiliki derajat keabuan 3 x 8 bit yang memiliki intensitas warna berkisar 000-000-000 hingga 225-225-225. Dengan kata lain, satu pixel yang terdapat dalam citra 8 bit akan dipresentasikan oleh layar dengan nilai 0-225 pada tabel citra, sedangkan 24 bit akan memiliki nilai berkisar 0-225 yang direpresentasikan dengan 3 layar sekaligus. Di mana dengan jangkauannya akan memiliki nilai berkisar 0-225 (Fadlisyah dkk, 2010).

2. Resolusi Citra

Resolusi citra merupakan tingkat kedetailan suatu gambar, semakin tinggi nilai resolusinya maka semakin tinggi kualitas gambar. Satuan dalam pengukuran citra dapat berupa ukuran fisik dan dapat juga berupa ukuran citra menyeluruh. Ukuran fisik misalnya jumlah garis per mm atau jumlah garis per inchi, sedangkan ukuran citra menyeluruh jumlah garis per tinggi citra. Resolusi sebuah citra dapat diukur dengan beberapa cara diantaranya,

a. Resolusi Pixel

Resolusi pixel merupakan perhitungan jumlah pixel dalam citra digital. Misalkan, sebuah citra memiliki resolusi $M \times N$ itu berarti citra tersebut memiliki arti M jumlah pixel lebar dan N jumlah pixel tinggi. Dan pengertian lain dari pixel adalah merupakan jumlah resolusi yang

terdapat dalam citra gambar. Dimana jumlah pixel dapat dikatakan sebagai hasil perkalian antara panjang dan lebar pixel ($M \times N$).

b. Resolusi Spasial

Resolusi spasial menunjukkan kedekatan jarak setiap garis pada citra. Jarak berdasarkan sistem yang menciptakan citra tersebut, hasil resolusi parsial menghasilkan jumlah pixel persatuan panjang. Resolusi parsial dari sebuah monitor komputer adalah 71 hingga 100 garis per inchi atau dalam resolusi pixel 72 hingga 100 ppi.

c. Resolusi Spektrum

Sebuah citra digital membedakan intensitas ke dalam beberapa spektrum. Citra multi spektrum akan memberikan spektrum atau panjang gelombang yang lebih baik yang digunakan untuk menampilkan warna.

d. Resolusi Temporal

Resolusi temporal merupakan berkaitan dengan video. Suatu video merupakan kumpulan frame statis yang berurutan dan ditampilkan secara cepat. Resolusi temporal memberikan jumlah frame yang dapat ditampilkan setiap detik dengan satu *frame per second* (fps).

e. Resolusi Radiometrik

Resolusi ini memberikan nilai atau tingkat kehalusan citra yang dapat ditampilkan dan biasanya ditampilkan dalam satuan bit contoh citra 8

bit dan citra 256 bit. Semakin tinggi resolusi radiometrik ini semakin baik perbedaan intensitas yang ditampilkan (Putra, 2010).

3. Operasi Logika

Tidak hanya elektronika saja yang dapat memiliki operasi logika, pencitraan pun memiliki operasi logika. Operasi logika dalam pencitraan dapat dilakukan dengan dua buah gambar citra atau lebih, berikut jenis operasi logika yang sering digunakan seperti pada persamaan (2-9) sampai 2-13).

$$C(x, y) = A(x, y) \text{ AND } B(x, y) \quad (2-9)$$

$$C(x, y) = A(x, y) \text{ OR } B(x, y) \quad (2-10)$$

$$C(x, y) = A(x, y) \text{ XOR } B(x, y) \quad (2-11)$$

$$C(x, y) = A(x, y) \text{ SUB } B(x, y) \quad (2-12)$$

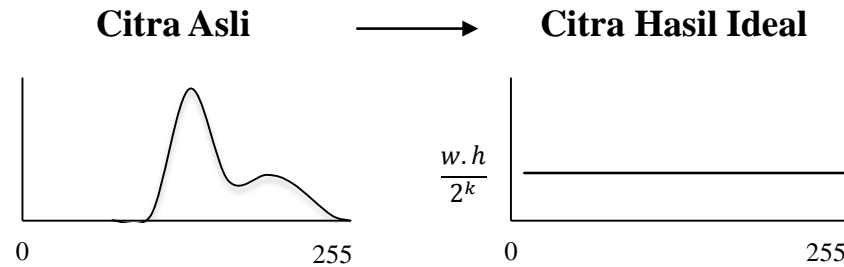
$$C(x, y) = \text{NOT } A(x, y) \quad (2-13)$$

(Achmad & Firdausy, 2005).

4. Ekualisasi

Ekualisasi merupakan pengolahan kontras citra yang dilakukan secara merata. Citra yang kontras ditandai dengan sempitnya daerah yang dipakai oleh kurva histogram tingkat keabuan. Dengan operasi peningkatan kontras yang optimal, kurva histogram akan memiliki rentang yang maksimum, dari baris kiri ke batas kanan histogram. Cara lain untuk mendapatkan kontras yang optimal adalah dengan mendistribusikan kembali nilai-nilai

sekala keabuan citra untuk memperoleh citra histogram yang datar atau seragam yang ditunjukkan pada Gambar 2.7.



Gambar 2.7. Hsitogram Citra Ekualisasi.

Pada Gambar 2.7, histogram citra hasil idealnya memiliki jumlah titik yang sama untuk setiap tingkat keabuan. Untuk citra sekala keabuan k bit yang berukuran tinggi h dan lebar w , maka jumlah titik untuk tingkat keabuan adalah sebesar $\frac{w \cdot h}{2^k}$. Untuk memperoleh hasil seperti itu, distribusi titik dalam citra asli harus disebarakan secara lebih merata ke seluruh nilai keabuan. Secara matematis pengolahan citra ekualisasi dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan (2-14).

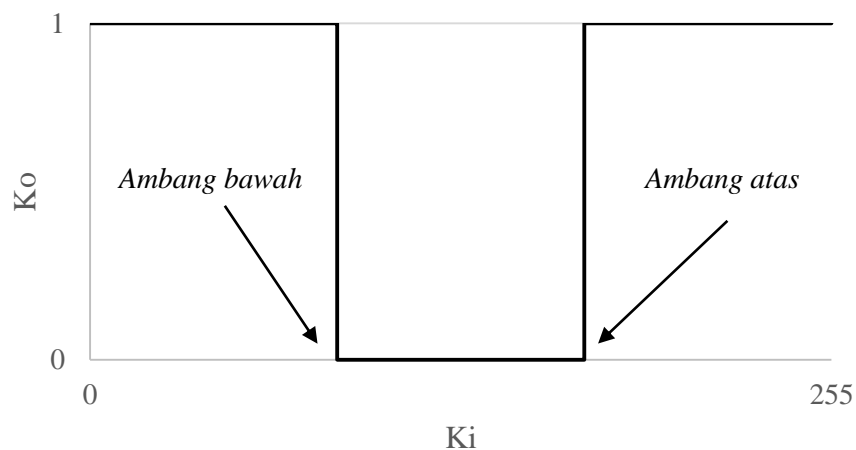
$$K_o = \text{round} \left(\frac{C_i(2^k - 1)}{w \cdot h} \right) \quad (2-14)$$

Dimana nilai C_i adalah cacahan kumulatif nilai sekala keabuan ke- i dari citra asli dan fungsi *round* adalah untuk pembulatan ke bilangan bulat terdekat, contohnya :34,5 menjadi 34; dan 187,5 menjadi 188. (Achmad & Firdausy, 2005).

5. Pengambangan

Operasi pengambangan (*thresholding*) digunakan untuk mengubah citra dari format 8 bit atau 24 bit menjadi format 2 bit, dimana format 2 bit ini mempunyai 2 buah warna hitam dan putih (nol dan satu), seperti pada persamaan 2-15 dengan penjelasan persamaan pada Gambar 2.8.

$$K_o = \begin{cases} 0, & \text{jika } \textit{ambang bawah} \leq K_i \leq \textit{ambang atas} \quad (2-15) \\ 1, & \text{lainya} \end{cases}$$



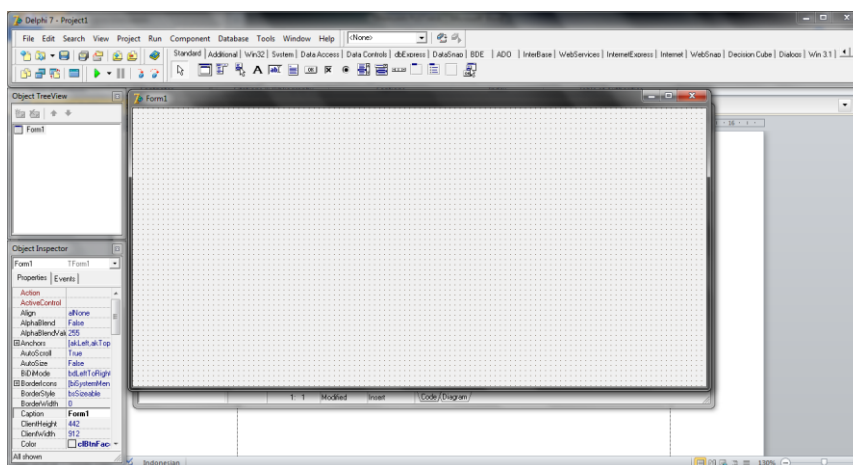
Gambar 2.8. Grafik ambang (*thresholding*)

Dalam hal ini, titik dengan nilai rentang nilai keabuan tertentu diubah menjadi warna hitam dan sisanya menjadi warna putih, atau sebaliknya, seperti dapat dilihat pada Gambar 2.8 dimana K_i merupakan citra berwarna dan K_o merupakan citra 2 bit (biner), (Achmad & Firdausy, 2005).

9. Perangkat Lunak

1. Delphi

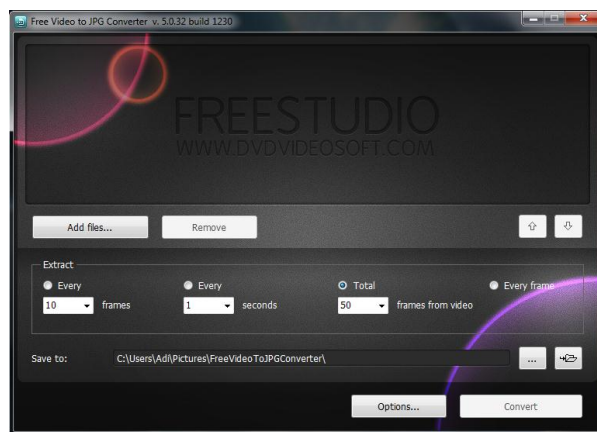
Delphi merupakan suatu bahasa pemrograman yang digunakan untuk merancang suatu aplikasi program. Delphi dibuat oleh perusahaan Borland dengan basis pemrograman pascal. Program ini memiliki keunggulan untuk membuat aplikasi window, merancang aplikasi program berbasis grafis, membuat program berbasis jaringan berbasis .Net (berbasis internet). Delphi memiliki keunggulan antara lain IDE (*Integrated Development Environment*) dimana terdapat menu-menu yang digunakan untuk membuat suatu proyek program, kompailer cepat, mudah digunakan, bersifat multipurphase, artinya bahasa pemrograman delphi dapat digunakan berbagai pengembangan aplikasi. Berikut tampilan lembar kerja delphi, terlihat pada Gambar 2.9.



Gambar 2.9. Tampilan delphi

2. FreeStudio2014

Free Studio merupakan sebuah perangkat yang digunakan untuk mengonversi audio/video. Terdapat 8 perangkat yang dapat digunakan seperti youtube video download, audio download, CD/DVD burning, mengkonversi berbagai file media audio, video, pengolahan gambar 3D. Software ini merupakan salah satu jenis software *sharewhere* yang dapat digunakan secara kontinu hanya pada satu fungsi saja yaitu konversi video ke bentuk gambar (DVDVideoSoft, 2014), seperti pada Gambar 2.10.



Gambar 2.10. FreeStudio

10. Karakteristik Pengukuran

Pengukuran merupakan suatu kegiatan untuk mendapatkan suatu keterangan kuantitatif dengan cara membandingkan benda dengan sebuah alat yang sudah diketahui nilai kuantitatifnya. Alat yang digunakan sering disebut juga sebagai alat ukur. Dalam pengukuran tentunya ada besaran yang melengkapi keterangan dari pengukuran, berikut contoh – contoh besaran pokok yang sudah diatur secara internasional,

Table 2.1. Besaran pokok

Besaran	Unit Setandar	Simbol
Panjang	Meter	m
Massa	Kilogram	kg
Waktu	Detik	s
Arus Listrik	Ampere	A
Temperatur	Kelvin	K
Intensitas	Kandela	cd
Zat	Mole	mol

Sumber : (Morris, 2001)

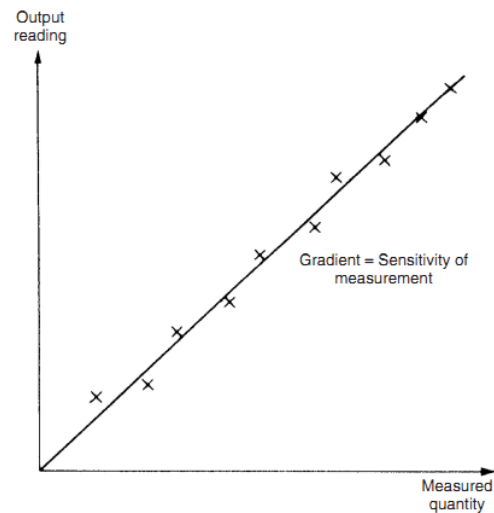
Dalam proses pengukuran sangatlah penting mengetahui nilai dan karakteristik dari alat ukur itu sendiri. Beberapa karakteristik alat ukur yaitu :

a. Resolusi

Resolusi merupakan perubahan terkecil dari skala penuh dari pengukuran atau pergeseran nilai terkecil dari alat ukur. Misalkan, terdapat alat ukur sepedometer dengan skala terkecil sebesar 5 km/jam dengan skala penuhnya 50 km/jam. Sepedometer tersebut memiliki nilai resolusi sebesar 5 km/jam, dimana skala tersebut merupakan skala terkecil kecepatan yang mampu diukur oleh sepedometer (Morris, 2001).

b. Linieritas

Merupakan sebuah hubungan *input* dan *output* yang menghasilkan persamaan garis lurus, atau sensitivitas antara *output* dan *input*. Sensitivitas tersebut dijelaskan dengan kemiringan gradien kurvanya, seperti Gambar 2.11.



Gambar 2.11. Kurva linieritas.

Nilai sensitivitas dapat dicari dengan gradien atau dengan persamaan perbandingan,

$$S = \frac{\text{Perubahan skala terkecil output}}{\text{Perubahan skala terkecil input}}$$

(Morris, 2001).

c. *Error*

Proses pengukuran error merupakan sesuatu hal yang sering terjadi. Pengukuran merupakan suatu kegiatan membandingkan sesuatu yang tidak diketahui nilainya dengan sesuatu yang sudah diketahui standar nilainya. Proses perbandingan tersebut sering kita menemukan ketidaksesuaian antara alat yang dibaca dan yang membaca, perbedaan tersebut disebut *error*. *Error* dijelaskan dalam dua kondisi yaitu *absolut error* yang dijelaskan dalam persamaan 2-15 dan *persentase error* dijelaskan pada persamaan 2-16.

$$e = Y_n - X_n \quad (2-15)$$

$$\%e = \frac{e}{Y_n} \quad (2-16)$$

dimana,

e = *error*

$\%e$ = Persentase *error*

Y_n = *Real* Nilai (Standar Nilai)

X_n = Hasil Pengukuran.

(Jones & Chin, 2010)