



Hak cipta dan penggunaan kembali:

Lisensi ini mengizinkan setiap orang untuk menggubah, memperbaiki, dan membuat ciptaan turunan bukan untuk kepentingan komersial, selama anda mencantumkan nama penulis dan melisensikan ciptaan turunan dengan syarat yang serupa dengan ciptaan asli.

Copyright and reuse:

This license lets you remix, tweak, and build upon work non-commercially, as long as you credit the origin creator and license it on your new creations under the identical terms.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Animasi

Dalam buku yang ditulis oleh Williams (2001, hlm. 11-22), animasi telah menempuh berbagai macam proses dan perkembangan. Lukisan binatang pada dinding gua yang menunjukkan suatu pergerakan adalah awal dari sejarah animasi. Beberapa temuan berikutnya seperti diciptakannya ‘the thaumatrope’, ‘flip book’ dan lainnya adalah bentuk dari perkembangan animasi dari masa ke masa. Gambar-gambar yang diganti dengan cepat akan menimbulkan suatu ilusi gerakan. Hal yang dapat digaris bawahi dari temuan-temuan tersebut adalah animasi selalu berkaitan dengan pergantian gambar dan ilusi mata. Sebuah pencapaian pertama dalam dunia animasi adalah ketika film yang dihasilkan telah tersinkronisasi dengan suara, dan karakter dalam cerita memiliki ‘*personality*’ masing-masing.

Menurut Williams (2001, hlm. 23-45), Menggambar adalah hal dasar paling penting yang harus dimiliki oleh animator. Hal ini adalah sebuah kunci bagi animator untuk dapat membuat suatu karya animasi. Fokus pada kemampuan menggambar berguna bagi animator untuk memunculkan *style* gambar dalam dirinya. Disamping itu, pengetahuan observasi pun menjadi penting untuk dapat merealisasikan sebuah karya agar dapat dimengerti. Beberapa pengetahuan lain yang menunjang animator adalah pemahaman tentang perspektif, anatomi tubuh, gestur dan *setting* sekitar.

2.2. Animasi 3D

Menurut Beane (2012), animasi 3 dimensi telah merangkap pada cakupan yang lebih luas, seperti film, televisi, dan *video games*. Beberapa bidang yang pada awalnya menganggap animasi 3 dimensi kurang penting juga mulai mengetahui manfaatnya. Ranah pengobatan, arsitektur, hukum, bahkan forensik juga memanfaatkan animasi 3 dimensi untuk keperluannya masing-masing. (hlm. 1).

Lanjut Beane (2012), animasi 3 dimensi terbagi menjadi dua jenis dalam dunia film, yaitu film animasi sepenuhnya dan *visual effects* pada film. Pada film animasi sepenuhnya, segala elemen yang ditampilkan di layar adalah sepenuhnya dibuat dan di *render* pada aplikasi khusus 3D. Sedangkan animasi 3 dimensi yang digunakan pada *visual effects* biasanya digabungkan dengan hasil *shooting* video (hlm. 2).

2.3. Visual Effects

Dalam buku *The VES Handbook of Visual Effects Industry Standards and Procedures*, Fink dan Morie (2010) mengatakan bahwa *visual effects* adalah sebuah istilah yang digunakan untuk menggambarkan media bergerak yang dibuat setelah proses produksi. Fink dan Morie (2010) menjelaskan bahwa *visual effects* berperan penting dalam pembuatan efek-efek yang tidak dapat diciptakan saat proses *shooting* berlangsung (hlm. 2).

U N I V E R S I T A S
M U L T I M E D I A
N U S A N T A R A

Ada beberapa alasan *visual effects* menjadi penting dalam sebuah film menurut Fink dan Morie (2010), diantaranya adalah:

1. Ketika seorang sutradara membutuhkan sebuah adegan cerita tidak dapat dibuat dalam proses *shooting*. Contoh untuk kasus ini ada pada film X-Men (2000), ketika Mystique merubah wujudnya dengan transisi kulit menjadi Logan.
2. Ketika sebuah adegan dapat dilakukan dalam proses *shooting*, namun adegan tersebut memiliki resiko membahayakan aktornya. Contoh untuk kasus ini ada pada film Fire Brigade (1926), yaitu ketika seorang pemadam kebakaran menyelamatkan anak kecil yang terperangkap di bangunan yang terbakar. Anak kecil tersebut direkam secara terpisah dengan api, sehingga proses *shooting* berjalan dengan aman.
3. Ketika sebuah adegan dapat dilakukan secara nyata saat proses *shooting*, namun memakan biaya yang besar ataupun bermasalah dengan aspek lokasi. Contoh untuk kasus ini ada pada film The Lord Of The Rings (2001-2003), ketika bangsa *Orc* melakukan penyerangan secara besar-besaran dalam film. Hal ini tentunya memakan biaya yang besar dan juga memerlukan lokasi yang luas jika dilakukan saat proses *shooting*.

2.4. 3D Visual Effects

Beane (2012) menyatakan bahwa seorang perancang efek visual 3D dapat menciptakan berbagai macam efek yang rumit. Efek-efek tersebut diantaranya adalah air, asap, rambut, maupun objek hasil dari ledakan. Ada berbagai macam

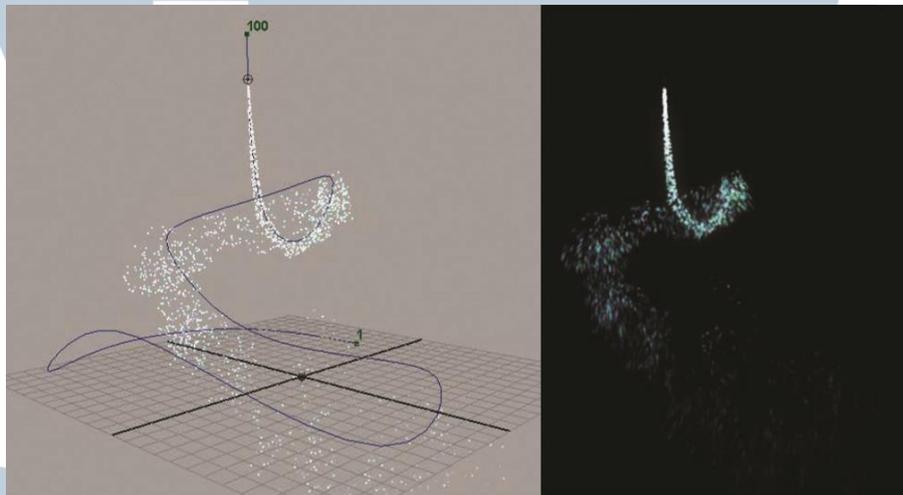
efek visual yang dapat diciptakan pada *software* 2D, namun efek-efek seperti gerakan rambut, bulu, kain terbang dan pecahan objek tidak mudah diciptakan pada perangkat tersebut karena jumlahnya yang masif dan berdasarkan pada pengukuran. Pembuatan efek jenis ini diciptakan melalui sebuah simulasi fisika. Simulasi ini memperhitungkan faktor-faktor seperti gaya gravitasi, angin dan kondisi lainnya. Dalam hal ini, *software* efek visual 3D lebih unggul karena memiliki variabel-variabel tersebut (hlm. 213-214).

Lanjut Beane (2012), untuk menciptakan efek visual yang menuju pada referensi asli, seorang perancang efek visual 3D harus memiliki pemahaman fundamental pada efek yang akan diciptakan. Sang perancang juga harus memahami peran-peran pekerjaan animasi seperti *modeling*, *texturing*, *rigging*, *animation*, *lighting*, dan *rendering*. Peran-peran tersebut juga akan dibutuhkan seorang perancang efek visual 3D untuk menciptakan efek visual (hlm. 214).

2.4.1. Particles

Beane (2012) menekankan bahwa Partikel adalah suatu titik yang diciptakan dari *emitter*. *Emmitter* adalah suatu objek utama yang membuat dan memercikkan partikel yang dapat diarahkan pada sumbu X, Y dan Z. Untuk menganimasikan dan memanipulasi partikel diperlukan suatu perhitungan dan variabel, diantaranya adalah gaya gravitasi arah angin, jenis partikel dan jumlah partikel yang akan keluar. Sebagian besar *software* 3D dapat menciptakan ribuan partikel dalam satu waktu. Hal ini menjadi keunggulan tersendiri karena simulasi tersebut dapat terproses secara otomatis.

Beane (2012) menambahkan, titik-titik partikel tersebut mempunyai material, efek, maupun geometri tersendiri yang dapat menghasilkan berbagai macam bentuk. Beberapa tampilan tersebut dapat tervisualisasikan menjadi efek debu, api, hujan, maupun sekumpulan lebah. Dengan menggunakan simulasi *particle system*, menganimasikan efek seperti contoh sekumpulan lebah akan jauh lebih efisien dibandingkan dengan menganimasikan lebah satu persatu (hlm. 214-215).

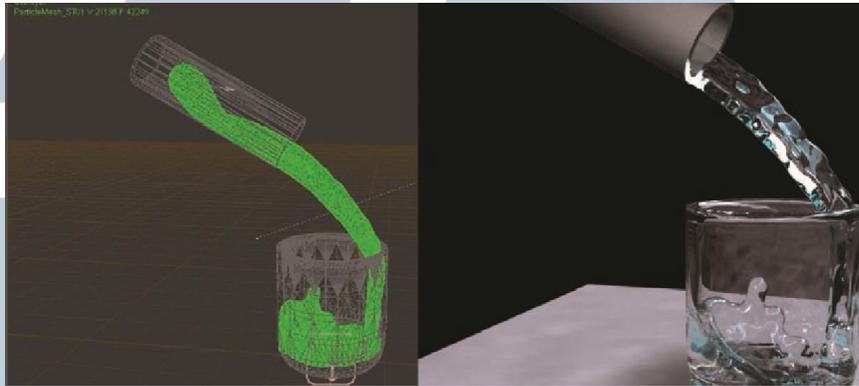


Gambar 2.1. Simulasi Partikel
(Beane, 2012)

2.4.2. *Fluids*

Menurut Beane (2012), *fluid simulation* merupakan suatu simulasi partikel khusus untuk pembuatan suatu objek dengan sifat cair atau mengalir. Namun penggunaan *fluid simulation* ini juga dapat diterapkan untuk pembuatan *visual effects* lainnya, yaitu api, asap dan zat-zat tertentu. Sistem simulasi ini memiliki berbagai macam fitur sehingga dapat menciptakan efek-efek selain air. pada sistem simulasi ini, sifat kekentalan air, kualitas air yang dihasilkan, jumlah air

yang akan diciptakan, serta partikel busa atau *foam* juga dapat dimanipulasi dan juga diciptakan dengan *fluid simulation* (hlm. 218).

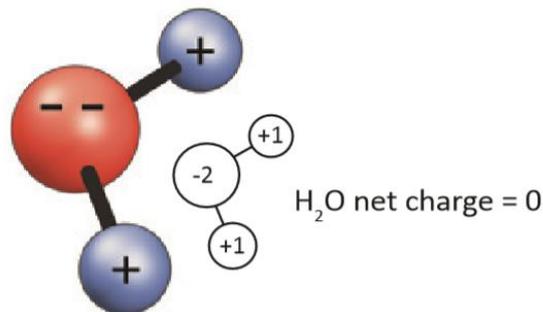


Gambar 2.2. Simulasi cairan dengan *Realflow*
(Beane, 2012)

2.5. Fluida

Fitzpatrick (2017) mendefinisikan bahwa fluida secara umum diklasifikasikan sebagai zat cair dan gas, keduanya memiliki sifat mengalir mengikuti bidang permukaan dan gaya (hlm. 1). Pernyataan tersebut diperkuat oleh Al-Shemmeri (2012), yang mengatakan bahwa fluida tidak dapat memberikan perlawanan penuh terhadap suatu gaya yang dapat mengubah bentuk partikel tersebut (hlm. 14). Lanjut Fitzpatrick (2017), Perbedaan dari kedua jenis fluida tersebut adalah dari sifat kompresibilitasnya. Zat cair memiliki sifat kompresibilitas yang jauh lebih sulit dibandingkan dengan gas. Sehingga zat cair akan lebih sulit untuk mengubah massa jenis dibandingkan dengan gas (hlm. 2). Al-Shemmeri (2012) menambahkan, fluida akan mengalir bergantung pada massa partikel tersebut dan akan mengikuti bentuk dari setiap benda padat yang bersentuhan dengannya (hlm. 14).

Menurut Pollack (2013), molekul air atau H₂O secara umum terbentuk dari dua atom hidrogen dan satu atom oksigen. Air memiliki satuan dasar muatan yaitu proton dan elektron. Kedua muatan ini dapat saling tarik-menarik jika satu muatan positif bertemu dengan satu muatan negatif. Pollack (2013) menambahkan, proton dan elektron berperan penting dalam perilaku air. Molekul air bersifat netral karena satu atom oksigen memiliki dua muatan negatif dan satu atom hidrogen memiliki satu muatan positif.



Gambar 2.3. Molekul air dan muatannya
(Pollack, 2013)

2.5.1. Mekanika Fluida

Smits (2018), mengatakan bahwa mekanika fluida adalah ilmu yang mempelajari tentang perilaku dari fluida yang diberikan sebuah gaya (hlm. 1). Pernyataan tersebut didukung oleh Nakayama dan Boucher (1999) yaitu ilmu mekanika fluida banyak terdapat pada hal yang sangat akrab dalam kegiatan sehari-hari. Kegiatan seperti melempar bola *baseball* dan memukul bola *golf* adalah suatu tindakan dari memanfaatkan mekanika fluida (hlm. 1).

Lanjut Smits (2018), mengamati dan mempelajari gerakan partikel fluida merupakan suatu hal yang tidak mudah. Hal tersebut dikarenakan sebagian besar dari zat fluida berwarna transparan, ataupun juga memiliki warna yang seragam. Fluida didefinisikan sebagai suatu partikel yang akan berubah bentuk secara terus-menerus diakibatkan dari suatu gaya sekecil apapun. Oleh karena itu, Smits (2018) menyimpulkan bahwa kemampuan zat fluida untuk mengalir dan dapat mengubah bentuknya adalah dari ketidakmampuan zat tersebut untuk menolak gaya yang datang (hlm. 3).

Fluida terbagi menjadi dua jenis yaitu cairan dan gas. Nakayama & Boucher (1999) menyatakan bahwa karakteristik utama dari mekanika fluida dapat diketahui dari sifat kompresibilitasnya. Zat cair sulit untuk dikompres, zat ini mengubah bentuknya sesuai dengan bentuk permukaan objek dan permukaan di atasnya dapat bergerak dengan bebas. Sebaliknya, gas mudah dikompres, bersifat mengembang untuk mengisi wadahnya dan tidak ada permukaan bebas. Berbeda dengan zat padat, cairan meningkatkan tekanannya terhadap kompresi untuk mempertahankan volume aslinya (hlm. 13). Karakteristik lainnya adalah sifat rekatnya. Suatu cairan menunjukkan resistensi atau sifat rekat antar partikel yang disebut dengan viskositas.

2.5.2. Satuan dan Dimensi

Menurut Nakayama dan Boucher (1999) seluruh kuantitas fisik terbentuk dari beberapa kombinasi dari kuantitas pokok, atau dapat disebut besaran pokok. Satuan dari besaran pokok dapat juga disebut sebagai satuan, dan kombinasi dari besaran-besaran pokok disebut besaran turunan. Sistem Internasional (SI)

membagi besaran pokok menjadi 7 macam, yaitu panjang (m), massa (kg), waktu (s), suhu (K), kuat arus (A), intensitas cahaya (cd), dan jumlah molekul (mol) (hlm. 6-8). Besaran turunannya adalah sebagai berikut:

Quantity	Absolute system of units			Units
	α	β	γ	
Length	1	0	0	m
Mass	0	1	0	kg
Time	0	0	1	s
Velocity	1	0	-1	m/s
Acceleration	1	0	-2	m/s ²
Density	-3	1	0	kg/m ³
Force	1	1	-2	N = kg m/s ²
Pressure, stress	-1	1	-2	Pa = N/m ²
Energy, work	2	1	-2	J
Viscosity	-1	1	-1	Pa s
Kinematic viscosity	2	0	-1	m ² /s

Gambar 2.4. Besaran Turunan
(Nakayama & Boucher, 1999)

Massa per satuan volume dari sebuah material disebut massa jenis, dilambangkan dengan simbol ρ . Menurut Nakayama & Boucher (1999), massa jenis gas dapat berubah berdasarkan tekanan yang ada, namun massa jenis cairan dapat dikatakan tidak dapat berubah. Satuan massa jenis yang dipakai menurut SI adalah kg/m³. Massa jenis air pada 4°C adalah 1000 kg/m³.

Al-Shemmeri (2012) juga menyatakan hal serupa, bahwa massa jenis air pada rata-rata permukaan laut dan pada 4°C adalah 1000 kg/m³ (hlm. 14). Massa jenis air dan udara dapat dilihat dalam gambar berikut:

Temperature (°C)		0	10	15	20	40	60	80	100
ρ (kg/m ³)	Water	999.8	999.7	999.1	998.2	992.2	983.2	971.8	958.4
	Air	1.293	1.247	1.226	1.205	1.128	1.060	1.000	0.9464

Gambar 2.5. Massa jenis air dan udara
(Nakayama & Boucher, 1999)

2.5.3. Viskositas

Viskositas adalah istilah untuk menjelaskan sifat kental pada suatu partikel. Viskositas terkandung dalam zat cair maupun gas yang merupakan gaya gesekan antara partikel fluida yang bergerak melewati satu sama lain. Sifat viskositas pada zat cair ditimbulkan dari gaya kohesi atau gaya tarik-menarik antar molekul yang sama. Sedangkan sifat viskositas pada gas ditimbulkan dari tumbukan antar molekul.

Nakayama & Boucher (1999) menjelaskan dalam hukum Stokes, suatu benda akan mengalami fase *viscous* terlebih dahulu jika dipanaskan. Dalam situasi-situasi tertentu viskositas sangat penting untuk mengetahui kekentalan suatu cairan, sebagai contohnya viskositas antara tetesan air dengan madu (hlm. 7-14). Mehaute (1990) menambahkan, pada kenyataannya viskositas juga tergantung pada suhu dan juga gesekan tertentu (hlm. 19). Oleh karena itu istilah kental menjadi *non-linear* atau tidak tetap. Secara umum, dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi viskositas suatu cairan maka akan semakin kental dan semakin lambat juga aliran cairan tersebut.

Tabel 2.1. Viskositas zat cair pada suhu 25°C
(Saylor)

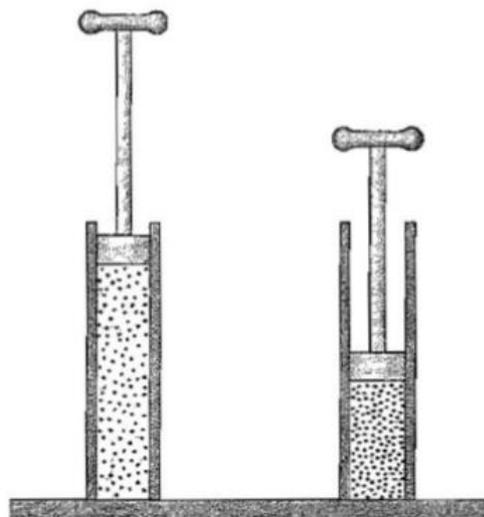
No.	Liquid	Viscosity (cP)
1	Honey	2,000–10,000
2	Molten glass	10,000–1,000,000
3	Chocolate syrup	10,000–25,000
4	Ketchup	50,000–100,000
5	Blood	3–4
6	Ethanol	1.074
7	Motor oil SAE 10	1.074
8	Olive oil	81
9	Mercury	1.526
10	Water	0.894

2.5.4. Kompresibilitas pada Fluida

Fluida menurut Smits (2018), baik yang berbentuk cairan maupun gas merupakan zat yang dapat di kompresi. Dengan kata lain massa jenisnya dapat berubah. Namun pada situasi tertentu, dapat juga dikatakan bahwa fluida jenis cairan adalah zat yang tidak dapat di kompresi. Hal ini dikarenakan massa jenis dan volume pada cairan yang di kompresi hanya berubah sangat sedikit pada tekanan yang sangat besar (hlm. 11). Pernyataan tersebut diperkuat oleh Bridson & Fischer (2007). Mereka juga sependapat bahwa air tidak banyak mengubah volumenya dan hampir dapat dikatakan tidak mungkin. Bridson & Fischer (2007)

menambahkan bahwa dalam dunia animasi, cairan dapat diperlakukan sebagai zat yang tidak dapat di kompresi agar volumenya tidak berubah (hlm. 7-8).

Berbeda dengan fluida berbentuk gas, Smits (2018) mengatakan bahwa fluida jenis ini jauh lebih mudah untuk di kompresi. Sebagai contoh adalah ketika seseorang sedang menekan pompa ban yang katup udaranya diberi penghalang, volume air pada pompa ban tersebut akan berkurang sebanyak 50%. Sifat kompresibilitas pada fluida ini akan berkaitan dengan daya apung atau *buouyancy* karena air akan ditekan dengan objek lainnya.



Gambar 2.6. Gas tertekan pada pemompa sepeda
(Smits, 2018)

2.5.5. Tegangan Permukaan

Smits (2018) memberi perumpamaan tegangan permukaan atau *surface tension* yaitu dengan contoh beberapa serangga dapat berjalan di atas air, dan jarum yang berbahan dasar besi dapat mengapung di atas air jika diletakkan dengan perlahan. Hal tersebut dapat terjadi jika massa jenis benda tersebut lebih kecil dari massa

jenis air (hlm. 20). Bridson & Fischer (2007) mengatakan bahwa tegangan permukaan ada karena kekuatan tarik-menarik yang bervariasi antara berbagai macam molekul. Fitzpatrick (2017) juga memperkuat pernyataan tersebut, tegangan permukaan berasal dari gaya kohesi dan adhesi dari molekul-molekul yang berbeda (hlm. 73). Menurut Bridson & Fischer (2007), molekul air akan lebih tertarik kepada molekul air dibandingkan dengan molekul gas, begitupun sebaliknya (hlm. 10).

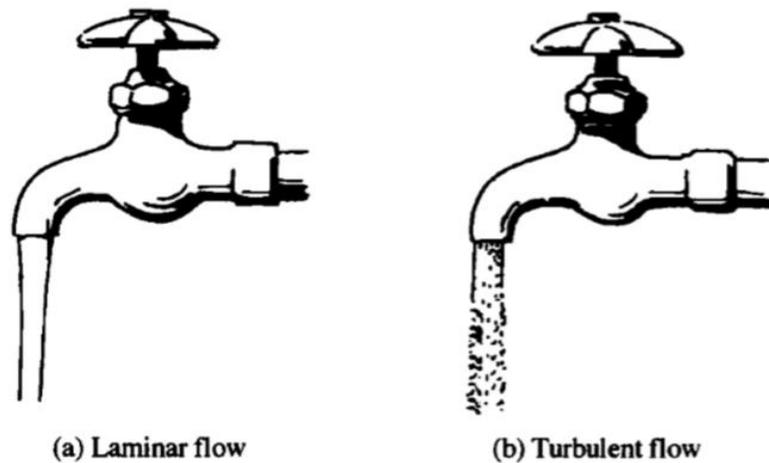
2.6. Aliran

Menurut Alexandrou (2001), cairan dapat didefinisikan secara luas sebagai suatu zat yang mengalami perubahan bentuk secara terus-menerus ketika mengalami suatu tegangan geser. Cairan ini dapat mengalir ketika ada suatu gaya yang mengenainya. Nakayama & Boucher (1999) menambahkan, suatu aliran yang mengalir tanpa berubah seiring waktu disebut dengan aliran yang stabil. Sedangkan suatu aliran yang mengalir berubah-ubah seiring waktu disebut dengan aliran tidak stabil. Partikel-partikel dari cairan tidak dapat bergerak secara otomatis tanpa diberikan suatu energi atau gaya tertentu (hlm. 44).

2.6.1. Aliran Laminar dan Turbulen

Menurut Alexandrou (2001), dalam suatu cairan yang mengalir, partikel-partikel didalamnya mengubah posisinya berdasarkan pada kecepatan tertentu. Seiring berjalannya waktu, arah dan besarnya kecepatan suatu partikel juga dapat bervariasi. Nakayama & Boucher (1999) berpendapat bahwa aliran laminar dan turbulen banyak dijumpai dalam kehidupan sehari-hari. Pada suatu hari yang tenang tanpa angin contohnya, asap yang keluar dari cerobong akan tampak

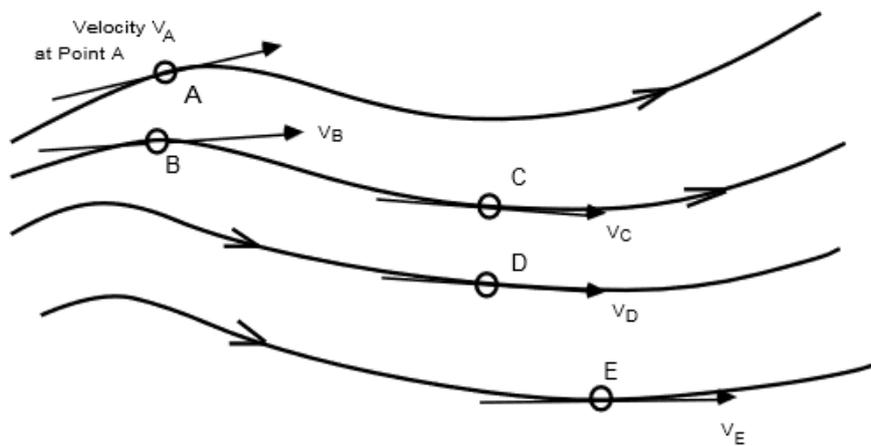
seperti satu garis lurus. Namun ketika ada angin kencang, asap akan berputar-putar tak beraturan mengikuti hembusan angin. Kemudian juga ketika memancarkan air kran dengan kecepatan rendah, pancuran air akan tampak lancar dan permukaannya tampak halus. Keadaan tersebut dinamakan aliran laminar. Namun ketika pancuran air kran berkecepatan tinggi, aliran tersebut terlihat buram dan permukaannya kasar. Keadaan tersebut dinamakan aliran turbulen (Nakayama & Boucher 1999) (hlm. 45).



Gambar 2.7. Aliran laminar dan turbulen pada kran air
(Nakayama & Boucher, 1999)

Alexandrou (2001) memperkuat pernyataan diatas. *Streamline* atau arah aliran adalah suatu garis untuk mendeteksi arah laju suatu partikel fluida. Jika pola arah aliran tersebut statis, maka aliran tersebut adalah aliran laminar. Dan jika pola arah aliran tersebut berubah-ubah seiring waktu, maka aliran tersebut adalah aliran turbulen (hlm. 1-2). Nakayama & Boucher (1999) menyatakan, seorang ahli matematika dan fisika bernama Osborne Reynold (1842-1912) melakukan penelitian terhadap kedua jenis aliran ini. Aliran laminar dapat

berubah menjadi aliran turbulen berdasarkan faktor-faktor tertentu. Oleh karena itu, berdasarkan pengamatan dan penelitiannya Reynold menciptakan temuan untuk menentukan dan mengklasifikasikan kedua jenis aliran ini, yaitu dengan bilangan Reynold (hlm. 46).



Gambar 2.8. *Streamline* menunjukkan kecepatan dari arus partikel (Alexandrou, 2001)

Bilangan Reynold adalah sebuah metode untuk menentukan suatu aliran terdefiniskan laminar ataupun turbulen. Bilangan Reynold menurut Nakayama & Boucher (1999) dipengaruhi oleh kecepatan, diameter, massa jenis dan juga viskositas suatu cairan. Al-Shemmeri (2012) juga menambahkan bahwa bilangan Reynold mengklasifikasikan aliran menjadi tiga macam. Pertama, aliran dapat dikatakan laminar jika bilangan Reynold aliran tersebut kurang dari 2000. Kedua, aliran dapat dikatakan turbulen jika bilangan Reynold aliran tersebut lebih dari 4000. Ketiga, jika bilangan Reynold berada diantara 2000 dan 4000, maka aliran tersebut disebut aliran transisional (hlm. 59).

2.6.2. Buih

Menurut Boswell (2001), buih adalah sebuah hasil dari proses alami, bukan dari hasil polusi lingkungan. Buih dapat muncul di sungai, laut, dan danau yang memiliki suatu aliran. Suatu zat cair termasuk air memiliki suatu sifat yang bernama *surface tension*, atau tegangan permukaan. Sifat ini membuat zat-zat yang memiliki massa jenis yang lebih rendah dari air dapat berada diatas permukaan air.

Lanjut Boswell (2001) buih memiliki molekul *hydrophilic* dan *hydrophobic*, yaitu molekul yang salah satunya tertarik dengan air dan salah satunya tidak. Dengan adanya molekul tersebut dan dibantu udara, gelembung-gelembung dari proses tarik-menarik antar molekul tersebut dapat terbentuk. Gelembung-gelembung kecil itu pun berkumpul dan menjadi buih. Rydahl (2009) menambahkan, buih adalah salah satu komponen yang sangat penting untuk membuat gelombang air menjadi terlihat realistis (hlm. 12). Thrope (2007) menyatakan bahwa turbulensi gelombang air akan secara alamiah menciptakan buih-buih disekitarnya. Maka dapat dikatakan bahwa buih diciptakan dari turbulensi suatu arus dan juga dipengaruhi oleh tegangan permukaan air.

U N I V E R S I T A S
M U L T I M E D I A
N U S A N T A R A



Gambar 2.9. Buih-buih ombak laut
(Thrope, 2007)

2.7. Air Sungai

Menurut Alekseevsky (2009), sekitar 71% permukaan bumi terlapisi oleh lautan, dan 15% dari daratan terisi oleh air permukaan (gletser, danau, sungai dan rawa). Secara kimiawi, air permukaan hanya tercipta pada keadaan tertentu. Pada umumnya air selalu mengandung suatu zat lain yang larut didalamnya. Nikanorov dan Brazhnikova (2009) menambahkan bahwa komposisi kimiawi dari air, termasuk air sungai terbagi menjadi enam komponen yaitu *main ion*, *dissolved gases*, *biogenous substances*, *organic substances*, *microelements* dan *pollutans*. Komponen-komponen tersebut terkandung pada air dan memberikan kandungan tertentu, yaitu salinitas, alkalinitas, kekerasan, keasaman, korosivitas dan lain sebagainya.

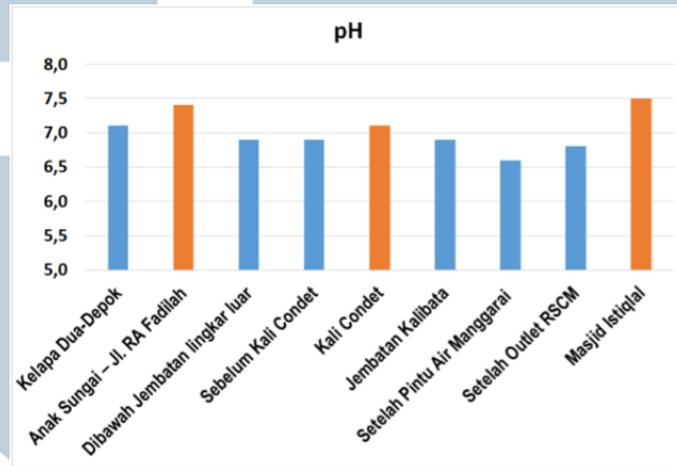
Lanjut Alekseevsky (2009), kadar keasaman dan alkalinitas adalah kunci penting untuk kualitas air dan kondisi ekosistem lingkungan sekitarnya. Kadar keasaman atau pH merupakan salah satu aspek penting sebagai faktor pembatas pada air, karena sebagian besar biota air sangat sensitif terhadap perubahan kadar pH. Air sungai memiliki pH sekitar 6.8 – 8.3 dan dikategorikan sebagai air jenis alkali-netral. Air sungai adalah salah satu sumber air bagi manusia, memiliki massa jenis 1000 kg/m^3 dan dilanjutkan oleh Sears & Zemansky (1969) bahwa kadar viskositas air sungai berada diantara 0.894 cP – 1 cP pada 25°C , yang membuat gesekan dan kerekatan antar partikel sangat sedikit.

2.7.1. Sungai Ciliwung

Sungai Ciliwung adalah sungai yang terbentuk dari aliran air Gunung Pangrango yang bermuara ke Teluk Jakarta melintasi Kabupaten Bogor, Kota Bogor dan Kota Depok. Sungai Ciliwung merupakan sungai yang dapat menimbulkan efek signifikan ketika perubahan cuaca karena banyak pemukiman, perumahan padat dan perkampungan yang dilintasinya. Secara geografis, Sungai Ciliwung terletak di daerah $6^\circ 05' - 6^\circ 50'$ Lintang Selatan dan $106^\circ 40' - 107^\circ 00'$ Bujur Timur.

Menurut Hendrawan (2008), luas Daerah Aliran Sungai (DAS) Ciliwung adalah sekitar 322 km^2 , yang merupakan gabungan dari anak sungai Citamiang, Cimega Mendung, Cilember, Ciesek, Cisarua, Cibogo, Cisukabirus dan Ciseuseupan serta dibatasi oleh Bendungan Katulampa. Menurut Yudo dan Said (2018), debit air Sungai Ciliwung pada titik *sampling* daerah Kelapa Dua adalah $17,92 \text{ m}^3/\text{detik}$, kemudian terjadi peningkatan pada Jembatan Kalibata menjadi $39,43 \text{ m}^3/\text{detik}$ yang disebabkan oleh badan sungai yang terarah lurus sepanjang

500 m. Lanjut Yudo & Said (2018) Nilai pH menentukan kelangsungan hidup lingkungan sekitar dan mikroorganismen akuatik pada suatu perairan. DAS Ciliwung memiliki pH mulai dari Kelapa Dua hingga Istiqlal yang relatif normal, yaitu sekitar pH 6,6 sampai dengan pH 7,5.

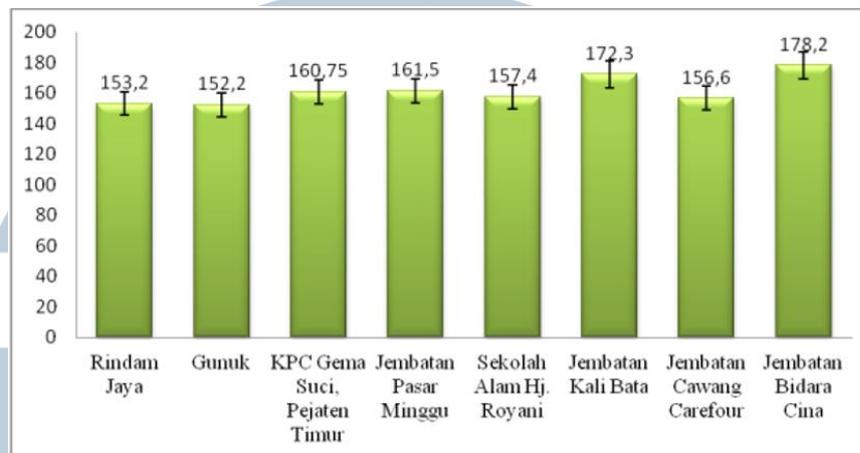


Gambar 2.10. Grafik pH sungai Ciliwung
(Yudo & Said, 2018)

Hendrawan (2008) menyatakan bahwa sungai Ciliwung dimanfaatkan oleh masyarakat sekitar untuk keperluan pertanian, perikanan, sumber bahan baku air minum dan industri. Berdasarkan pengamatan dari Yudo & Said (2018), sungai Ciliwung merupakan sungai yang tercemar, dan semakin tercemar ke arah hilir. Sungai Ciliwung menjadi tercemar karena digunakan juga sebagai tempat pembuangan limbah domestik dan limbah-limbah industri lainnya. Yudo & Said (2018) menambahkan bahwa jumlah penduduk yang tinggi dan perubahan penggunaan DAS Ciliwung menjadi tempat pembuangan limbah adalah sumber pencemaran utama dari sungai tersebut.

Menurut Hendrawan (2008), ada tiga faktor sumber pencemar pada sungai Ciliwung, yaitu sumber pencemar instasional, sumber pencemar non-instasional dan sumber pencemar dari daerah Hulu. Sumber pencemar instasional adalah segala jenis pencemar dari suatu kegiatan yang pengelolanya dapat diketahui, seperti industri, perdagangan, perkantoran, rumah sakit dan lainnya. Sumber pencemar non-instasional adalah pencemaran yang tidak diketahui pengelolanya seperti limbah rumah tangga, pertanian dan erosi. Sumber pencemar dari daerah Hulu adalah pencemaran sungai yang terjadi sebelum memasuki wilayah Jakarta.

Menurut Puspitasari et al. (2016), suhu sungai mempengaruhi kemampuan air untuk dapat menyerap panas. Puspitasari et al. (2016) menyatakan bahwa suhu air di sungai Ciliwung berkisar antara 28-30 °C, dipengaruhi oleh pembuangan limbah kedalam sungai yang mengakibatkan tertutupnya bagian permukaan air. Faktor yang mempengaruhi penetrasi cahaya pada sungai Ciliwung adalah total padatan terlarut (TDS). Total padatan terlarut yang semakin tinggi akan menghambat penetrasi cahaya pada sungai Ciliwung. Menurut Puspitasari et al. (2016), total padatan terlarut (TDS) pada air sungai Ciliwung dari kawasan Rindam Jaya sampai dengan Jembatan Bidara Cina yaitu berkisar antara 157,5-178,2 mg/l. Aktivitas pembuangan limbah ke sungai Ciliwung adalah penyebab tingginya TDS, dan menunjukkan bahwa sungai Ciliwung termasuk kedalam sungai yang tercemar.



Gambar 2.11. Grafik TDS sungai Ciliwung
(Puspitasari et al., 2016)

2.8. Air Bah

Menurut Senarathne & Ekanayake (2016), suatu peristiwa dapat disebut air bah ketika suatu tanah yang biasanya berada di permukaan air kemudian terendam selama kurun waktu sekitar dua jam (hlm. 2). Air bah dalam Kamus Besar Bahasa Indonesia sama artinya dengan banjir. Jadi, secara definitif air bah adalah kondisi dimana permukaan tanah terendam air selama kurun waktu tertentu. Lanjut Senarathne & Ekanayake (2016), air bah biasanya terjadi ketika sungai di sekitar tempat tersebut tidak dapat menampung air ataupun juga karena arus air yang diluar kapasitas dan tidak stabil (hlm. 2). Menurut Fema (2005), air bah terbagi menjadi tiga kategori yaitu banjir sungai, banjir pesisir dan banjir bandang. Senarathne & Ekanayake (2016) menambahkan, air bah terbagi menjadi empat kategori, yaitu banjir sungai, banjir perkotaan dan pelanggaran waduk bendungan.

2.8.1. Pelanggaran Waduk Bendungan

Menurut Senarathne & Ekanayake (2016), peristiwa air bah yang bersifat paling merusak atau destruktif adalah air bah yang disebabkan oleh pelanggaran waduk bendungan. Pelanggaran jenis ini bersifat paling destruktif karena air yang ditampung pada suatu bendungan dilepaskan seluruhnya. Air bah ini akan melepaskan volume air yang tertampung didalamnya, dan jika dilepaskan secara tiba-tiba dengan jumlah tampungan air yang banyak maka akan menciptakan bencana gelombang banjir yang bergerak cepat (hlm. 5).



Gambar 2.12. Ilustrasi Banjir
(Senarathne & Ekanayake, 2016)

2.8.2. Banjir Bandang

Menurut Fema (2005), banjir bandang didefinisikan sebagai aliran air tinggi yang cepat dan ekstrim ke daerah yang kering. Peristiwa penyebab banjir bandang diantaranya adalah hujan yang sangat deras, pelanggaran waduk bendungan dan melelehnya es. Lanjut Fema (2005), faktor utama terjadinya banjir bandang adalah dari intensitas dan durasi hujan, kecuraman dari tempat laju aliran dan

volume air (hlm. 4). Kerusakan yang disebabkan oleh banjir bandang dapat lebih parah dari banjir sungai biasa karena dipengaruhi oleh kecepatan arus air dan puing-puing yang terbawa bersamanya. Sebagai contohnya peristiwa banjir bandang yang terjadi di Big Thomson Canyon di Colorado pada tahun 1976, kecepatan air yang melebihi 30 kaki/detik dapat memindahkan batu besar seberat 250 ton (hlm. 5).



Gambar 2.13. Banjir bandang Big Thomson Canyon di Colorado
(Fema, 2015)

UMN
UNIVERSITAS
MULTIMEDIA
NUSANTARA