



Hak cipta dan penggunaan kembali:

Lisensi ini mengizinkan setiap orang untuk mengubah, 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

Animasi merupakan hal yang sudah sering dan biasa ditemukan sehari-hari. Mulai dari iklan di televisi dan media internet hingga hiburan seperti *game* dan film. Animasi adalah gambar bergerak yang diciptakan dari menggambar, model, dan sebagainya yang difoto atau diciptakan menggunakan komputer. Gambar bergerak sebenarnya adalah kumpulan gambar yang menghasilkan ilusi seolah-olah gambar tersebut menghasilkan gerakan. Meskipun kegunaan animasi beragam, namun tujuan utamanya tetap satu, yaitu menghidupkan sebuah gambar.

Animasi hanyalah melakukan banyak hal-hal sederhana satu persatu dalam urutan yang masuk akal (Williams, 2001). Seorang aktor film, Scott Wilson dalam Williams pernah berkata bahwa semua metode yang diaplikasikan dalam animasi sama seperti berakting. Jika seorang aktor terpatok dengan hal teknisnya, ia tidak akan dapat berakting. Begitu pula dengan animasi, seorang animator tidak akan bisa membuat animasi jika terpatok dengan hal-hal teknisnya. Seorang animator akan dapat memberikan pertunjukan yang terbaik jika ia hanya memfokuskan dirinya pada pertunjukan tersebut.

Animasi dibagi menjadi dua jenis berdasarkan dimensinya: dua dimensi (2D) dan tiga dimensi (3D). Sebelum melakukan pembahasan lebih lanjut, penulis akan menjelaskan sedikit tentang apa itu 2D, 3D, dan *stereoscopic* 3D. Istilah

tersebut sering muncul dalam dunia perfilman, terutama dalam animasi. Film direkam dalam dunia tiga dimensi, begitu pula dengan aktor, *props*, *set*, dan *environment* termasuk tiga dimensi (Dinur, 2017). Semua komponen ini memiliki kedalaman dan ditempatkan pada jarak tertentu dari kamera. Setelah semuanya itu terekam oleh kamera, hasilnya merupakan sebuah gambar dalam bentuk dua dimensi. Pada titik ini dimensi kedalaman hilang, suatu barang yang ada pada *footage* tersebut tidak lagi dapat diraih.

Penulis akan menggunakan *visual effects* sebagai contoh dalam penjelasan perbedaan ketiga istilah tersebut. Seluruh *visual effects* dikerjakan pada sumber dua dimensi (Dinur, 2017). Hal ini biasanya terlewatkan, *footage* yang ada merupakan dua dimensional sehingga tidak ada kedalaman. Segala bentuk manipulasi atau penambahan elemen yang merupakan gambar diam atau *footage* lainnya dikerjakan dalam 2D. Hal ini sama seperti mengerjakan suatu gambar dalam *photoshop*, namun dengan “gambar bergerak”. Jika hanya menggunakan jenis manipulasi seperti ini saja, sangat sulit untuk menyampaikan perspektif dan jarak dalam 2D.

Dalam ruang tiga dimensi efek seperti ledakan, reruntuhan, dan tornado dalam film tidak dapat dicapai. *Workflow* pada 3D merupakan sebuah “tiruan” buatan dari cara suatu film direkam (Dinur, 2017). Setelah 3D *environment*, *set*, dan *props* “direkam” melalui kamera virtual (sebuah proses yang disebut *rendering*), hasilnya merupakan rangkaian dari gambar-gambar dua dimensi. Jadi apapun yang disebut 3D, sebenarnya yang dibicarakan adalah prosesnya dan bukan

hasilnya karena hasil tersebut tetap dalam 2D. Dalam ruang 3D ini proses *compositing* dengan menggunakan kamera virtual yang bergerak dapat dilakukan. Hal ini dilakukan untuk memberikan sebuah kedalaman pada gambar 2D dengan menempatkan gambar-gambar tersebut pada jarak tertentu dari kamera virtual.

Istilah yang terakhir adalah *stereoscopic 3D*. Istilah ini banyak tidak diketahui orang awam dan sering disamakan dengan 3D pada penjelasan sebelumnya. Sebagai contohnya bioskop XXI sedang menayangkan film *Toy Story 4* dan *Toy Story 4 (3D)*. Dalam kasus ini *Toy Story 4 (3D)* yang dapat disebut dengan *stereoscopic 3D (S3D)*. Proses ini menciptakan ilusi kedalaman dengan mengirimkan gambar-gambar yang sedikit berbeda ke setiap mata (diterima terpisah dengan bantuan kacamata khusus) (Dinur, 2017). *Stereoscopic imagery* sudah ada sejak pertengahan abad ke-19. Berdasarkan cara pembuatannya, S3D dibagi menjadi dua: menggunakan *stereoscopic camera rig* dan konversi menjadi stereo. Cara kedua merupakan cara yang lebih sulit karena dibutuhkan banyak *roto artist* untuk memisahkan antara elemen *background*, *mid-ground*, dan *foreground*.

Sama halnya dengan *visual effects* dalam animasi yang dapat dikategorikan menjadi dua berdasarkan dimensinya. *Visual effects 2D* pada animasi merupakan efek yang dibuat secara *hand drawn* dan tidak memiliki kedalaman. Sementara *visual effects 3D* pada animasi merupakan efek yang dibuat pada ruang tiga dimensi dengan menggunakan bantuan komputer. Meskipun kedua jenis efek ini berbeda, namun pada kasus tertentu dapat dipadukan pada sebuah film.

Contoh penggunaan *visual effects* 2D yang paling gampang adalah pada film animasi dua dimensi seperti anime Jepang. Pada dasarnya animasi dua dimensi dibuat secara *hand drawn* sehingga efek yang diperlukan juga dalam bentuk dua dimensi. Kuncinya pada *visual effects* 2D adalah dengan melakukan koordinasi antara mata dan tangan (Gilland, 2009). Seorang *effect artist* baik 2D ataupun 3D harus dapat mengobservasi dan merasakan suatu hal agar dapat merekayasanya kembali. Seperti yang dijelaskan Gilland pada bukunya, ia telah menghabiskan banyak waktunya di pantai mengamati laut dan membiarkannya meresap hingga kepada inderanya.

Visual efek pada film *live action* maupun animasi 3D merupakan sesuatu yang halus dan teknikal sehingga tidak banyak orang yang menyadarinya. Saking halusnya sebuah efek, orang tidak akan menyadari bahwa sebenarnya efek tersebut sebenarnya hanyalah rekayasa yang dibuat dalam ruang tiga dimensi. Contoh yang paling mudah untuk melihat suatu efek pada animasi tiga dimensi adalah melalui *game* meskipun tidak disadari kebanyakan orang. Contohnya seperti pada *Mobile Legends: Adventure* pada gambar yang merupakan *game smartphone*. Meskipun menggunakan animasi 2D, *Mobile Legends: Adventure* juga merupakan efek dua dimensi.

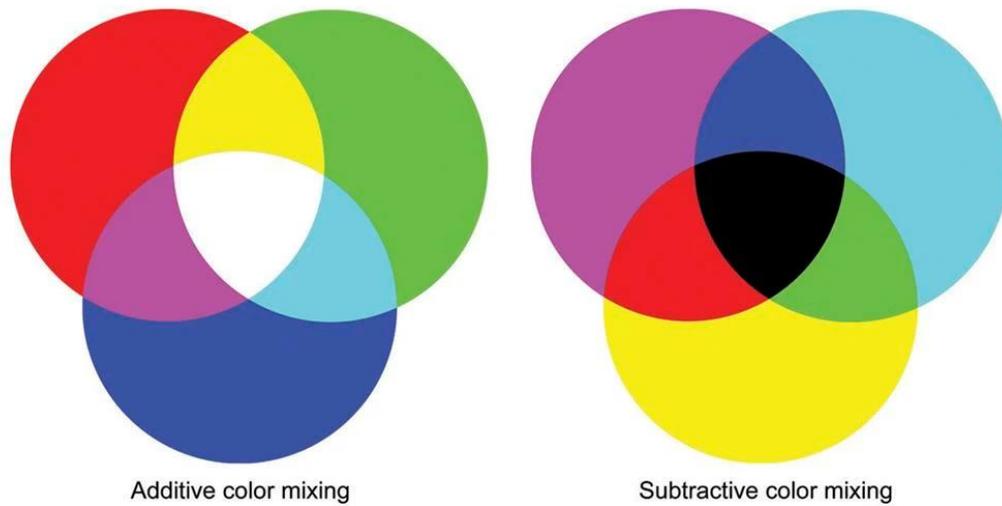


Gambar 2.1. visual efek dalam *Mobile Legends: Adventure*

(Sumber: <https://cdn.apkmody.io/uploads/2019/06/Mobile-Legends-Adventure-graphics.jpg>)

2.2. Warna

Warna merupakan panjang gelombang tertentu dari cahaya yang sampai di mata dengan menggunakan salah satu dari tiga rute utama (Lertsithichai & Suriyapat, 2005). Warna sendiri memiliki teori warna dan psikologi warna yang keduanya merupakan hal yang berbeda (Harris, 2018). Teori warna biasanya merupakan kombinasi dari roda warna dan fakta bahwa semua warna dapat dibuat dari tiga warna utama pada sistem warna aditif. Sementara itu psikologi warna merupakan studi warna yang menjadi penentu tingkah laku manusia. Kebanyakan studi yang memusatkan pada psikologi warna berfokus pada bagaimana suatu warna diartikan seseorang atau bagaimana perasaan mereka.



Gambar 2.2. Sistem warna aditif dan substraktif

(Sumber: www.tvtechnology.com)

Warna ditentukan oleh panjang gelombang yang terlihat (Lertsithichai & Suriyapat, 2005). Warna yang memiliki gelombang terpanjang adalah merah dan gelombang terpendek adalah violet. Kedua sistem pada gambar di atas memiliki masing-masing tiga warna dasar. Pada sistem warna aditif, warna dasar tersebut adalah: merah, hijau, dan biru (RGB). Pada sistem ini jika semua warna dipadukan akan membentuk warna putih. Warna dasar pada sistem substraktif adalah: cyan, magenta, dan kuning (CMYK). Jika pada sistem warna ini semua warna dipadukan maka akan membentuk warna hitam.

Warna dasar atau primer tidak dapat diciptakan dengan menyampurkan pigmen lainnya. Selain warna dasar atau primer, terdapat juga warna sekunder dan warna tersier (Scheib, 2011). Warna sekunder merupakan campuran dari dua warna primer. Warna sekunder terdiri dari: oranye, hijau, dan violet. Warna tersier merupakan campuran dari satu warna primer dan satu warna sekunder. Warna

tersier terdiri dari: kuning hijau, kuning oranye, merah oranye, merah violet, biru violet, dan biru hijau.

2.3. Bentuk

Bentuk merupakan suatu hal yang sudah sering kita lihat dan lakukan interaksi setiap harinya. Bentuk sendiri salah satu elemen dasar dalam hal seperti desain dan animasi. Setiap bentuk memiliki arti atau kesannya tersendiri. Bentuk secara tersendiri maupun dikombinasikan dapat menyampaikan arti yang universal (Simple Studio Online, 2012). Terdapat tiga jenis bentuk dasar: geometris, natural, dan abstrak.

Bentuk geometris merupakan bentuk yang terstruktur dan biasanya simetris. Contoh dari bentuk geometris adalah segiempat, lingkarang, kerucut, dan segitiga. Bentuk natural atau organik biasanya dapat ditemukan di alam. Bentuk ini memiliki banyak kurva yang asimetris. Contohnya seperti daun dan tetesan tinta. Bentuk abstrak merupakan bentuk natural dalam versi yang lebih sederhana. Bentuk ini dapat mewakili ide dan konsep dalam bentuk ikon. Contoh bentuk abstrak seperti rambu-rambu lalu lintas dan gambar kursi roda untuk akses bagi penyandang cacat.

Menurut David Coleman, ekspresi wajah merupakan hal kedua saat membaca suatu karakter (Nikolaeva, 2016). Hal pertama yang terlihat adalah bentuk wajah dan postur tubuh. Menyampaikan kepribadian melalui bahasa tubuh dan bayangan jauh lebih kuat dibandingkan hanya menunjukkan emosi melalui ekspresi wajah. Salah satu contoh adalah bentuk kotak. Kotak memberikan kesan kesesuaian, kaku, stabil, dan berat (Nurchahyo, 2018). Karakter dengan bentuk kotak

biasanya terlihat kuat dan maskulin. Selain itu kotak juga dapat menggambarkan pribadi yang keras kepala.

2.4. Visual Effects

Sebelum masa digitalisasi, segala sesuatunya dikerjakan di lokasi menggunakan miniatur, hal-hal teknis, dan ilusi optik. Pada masa ini belum ada garis jelas perbedaan antara *special effects (SFX)* dan *visual effect (VFX)*. *VFX* seperti yang disebutkan Dinur (2017) merupakan manipulasi digital dari sebuah *footage* yang banyaknya terjadi saat *post-production*. Sementara *special effects* merupakan hal-hal praktis yang dilakukan di lokasi dan ditangkap oleh kamera (hlm. 7). Dalam hal ini pengetahuan dan kemampuan yang digunakan dalam kedua bentuk efek cukup berbeda. Misalkan untuk menciptakan sebuah ledakan di lokasi dibutuhkan pengetahuan tentang ledakan dan *pyrotechnics*, sedangkan dalam *VFX* untuk menciptakan sebuah ledakan dibutuhkan kemampuan dalam *computer graphics* dan *photoreal rendering*.

Salah satu unsur yang membuat sebuah *visual effect* dapat terlihat nyata adalah ilusi optik, dimana indra penglihatan atau mata menangkap gambar yang berbeda dengan aslinya. Ilusi optik adalah suatu hal yang menipu mata sehingga membuat seseorang melihat sesuatu yang sebenarnya tidak ada atau melihat sesuatu berbeda dengan aslinya. Dari antara kelima indra manusia, indra penglihat sangat berperan banyak dalam menentukan suatu tindakan. Setelah informasi diterima, kemudian diteruskan ke otak dan diproses. Sari (2016) mengatakan bahwa otak

memiliki sekitar 100 milyar sel neuron yang memiliki kecepatan lebih dari 240 km/jam dalam mengirimkan informasi. Inilah sebabnya sering dikatakan orang lebih mudah percaya dan terpengaruh dengan apa yang dilihat.

Sama halnya dengan komponen film termasuk *visual effect*. Apapun yang ada di layar yang sudah ditangkap kamera tidaklah nyata, melainkan *photoreal*. Segala sesuatu yang ditangkap kamera disebut *photoreal* dan segala sesuatu yang dibuat oleh komputer disebut *CGI* (Dinur, 2017). *Visual effect artists* akan selalu berusaha sebisa mungkin untuk dapat menciptakan efek yang *photoreal*. Segala cara akan dilakukan untuk mencapai hasil yang *photoreal*, termasuk memanfaatkan persepsi mata untuk menciptakan ilusi. Pembahasan mengenai *CGI* akan dijelaskan berikutnya.

Seperti yang sudah dijelaskan di atas, *VFX* merupakan sebuah manipulasi digital sehingga berkaitan erat dengan istilah *CGI*. *CGI* (*computer-generated imagery*) adalah proses menggunakan computer untuk membuat karakter atau gambar pada film atau televisi. *CGI* dalam hal ini merupakan sebuah istilah untuk membedakan antara elemen *VFX* yang dibuat secara artifisial dan elemen nyata yang ditangkap kamera (Dinur, 2017). Banyak *VFX shots* yang tidak menggunakan *CG* (*computer-generated*) sama sekali, bahkan hanya memanipulasi *footage* atau menggabungkannya dengan *footage* atau gambar-gambar lainnya. *CGI* atau *CG* merupakan sebuah proses yang lebih kompleks dibandingkan hanya bekerja dengan

menggunakan elemen fotografi. Untuk memperjelas apa itu *CGI*, berikutnya akan dibahas penggunaannya dalam kasus persidangan.

Pada perkembangan zaman modern ini, teknologi pun ikut berkembang dengan pesat. Segala sesuatunya menggunakan inovasi terbaru, begitu juga dalam hal hukum. Dalam sebuah sidang, untuk memberikan *detail* sebuah bukti forensik memerlukan suatu visualisasi terhadap bukti tersebut. Di sinilah *CGI* dapat masuk dan membantu dalam memvisualisasikan *detail* tersebut. Presentasi dengan menggunakan digital visual, seperti membuat simulasi kejadian, dapat membantu untuk mengilustrasikan hipotesis berdasarkan data (Schofield, 2016). Selain itu hal ini juga dapat menggambarkan kejadian berdasarkan saksi atau bahkan mengilustrasikan kejadian apa yang bisa saja terjadi. Salah satu keuntungan dengan menggunakan *CGI* dalam hal ini adalah membantu dalam membuat bukti menjadi lebih relevan dan mudah dimengerti karena kapabilitas animasi dan virtual simulasi interaktif yang tidak terbatas.

Sekarang ini *VFX* dalam sebuah film secara *CGI* sudah sangat banyak digunakan. Dapat dilihat contohnya pada film layar lebar seperti *Transformers* atau *Avengers* yang mayoritas adegannya menggunakan *VFX*. Atau seperti *Fast and Furious 7* yang menggunakan *VFX* hanya sebagai bantuan. Hal yang mengejutkan dalam film *Fast and Furious 7* adalah pemeran Brian O'Conner bukanlah Paul Walker dikarenakan ia meninggal pada tahun 2013 seperti dikutip dari

theguardian.com. Lalu bagaimana bisa Brian O’Conner pada film tersebut yang terlihat adalah Paul Walker?



Gambar 2.3. *Fast and Furious 7*

(Sumber: www.cgmeetup.net)

Sebenarnya sudah ada adegan-adegan yang direkam dengan Paul Walker, namun beberapa adegan yang hilang digantikan oleh adik-adiknya dengan bantuan *visual effect* (Weisman, 2014). Adegan-adegan tersebut tetap diperankan oleh Cody dan Caleb Walker, kemudian *footage* yang didapat dimanipulasi kembali di komputer. Weta, salah satu *production house* yang bergerak di bidang *visual effect*, berusaha untuk “membangkitkan” kembali Paul Walker ke dalam karakter Brian O’Conner. Mereka menggunakan model muka Paul Walker berdasarkan film-film *Fast and Furious* sebelumnya yang kemudian dimanipulasi ke dalam *footage*. Dipadukan dengan gerakan yang ditangkap oleh *motion capture*, hasilnya lebih menjadi nyata. Hasilnya seperti yang dapat dilihat dalam film tersebut, hampir tidak dapat dibedakan mana Paul Walker yang asli dan mana yang telah dimanipulasi.



Gambar 2.4. Perbandingan Paul Walker asli dan *CGI*

(Sumber: <https://townsquare.media/site/442/files/2015/03/paul-walker-comparison.jpg>)

Contoh lainnya dapat dilihat pada film *Avengers*. Mayoritas komponen dari film ini menggunakan *CGI* dalam pembuatannya. Mulai dari properti dan karakter hingga *environment* dibuat menggunakan komputer. Bayangkan apabila film ini mayoritas menggunakan *special effects*. Pasti mereka akan sangat bekerja keras untuk membuat seluruh properti dan akan menghabiskan biaya yang sangat banyak. Hal ini jugalah yang membuat produser memutuskan untuk menggunakan *visual effects* selain visualnya yang sulit dicapai dengan menggunakan *special effects*.

Pada kebanyakan film *live action* sebuah *visual effect* hanya dapat dalam *footage* yang sudah jadi sehingga tidak terdapat komponen kedalaman (Dinur, 2017). Sementara dalam animasi sebuah *visual effect* dapat diaplikasikan sebelum sebuah adegan direkam. *Visual effect* dalam animasi pun dibagi menjadi dua berdasarkan jenis animasinya: 2D dan 3D. Tentu saja yang menggunakan ruang tiga dimensi hanyalah animasi 3D. Oleh karena itu, kebanyakan film *live action*

sekarang memadukan *shooting* dengan animasi menggunakan *tracker* dan *green screen* untuk mendapatkan *VFX* yang terlihat *photoreal*.

Salah satu efek yang biasanya digantikan dengan efek *CGI* adalah ledakan. Dua alasan di antaranya adalah untuk memangkas *budget* dan menyangkut keamanan. Selain bahan peledak dapat dikatakan mempunyai harga yang mahal, tidak sembarang orang yang dapat mempergunakan bahan peledak dengan aman sehingga teknisi dalam bidang tersebut juga diperlukan. Efek ini biasanya dibentuk dalam ruang tiga dimensi. Karena ruang tiga dimensi memiliki kedalaman, maka menciptakan sifat efek ledakan akan lebih mudah dibentuk seperti ke arah mana ledakan dan asap hasil ledakan tersebut terjadi.

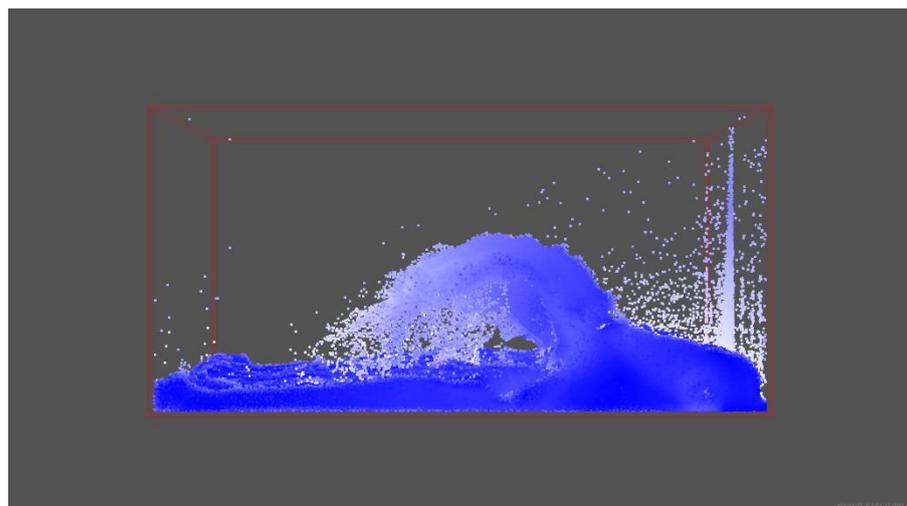
2.5. Fluid Simulation

Jika kita mendengar kata "*fluid*", hal yang dibayangkan setiap orang akan berbeda. Mayoritas akan langsung mengaitkan dengan arti dalam bahasa Indonesia yang berarti cairan. Secara umum, "*fluid*" atau fluida dapat dibedakan menjadi dua kategori: *incompressible flow* dan *compressible flow* (Braley & Sandu, 2009). Cairan termasuk ke dalam kategori *incompressible flow*, sementara gas termasuk ke dalam kategori *compressible flow*. *Compressible flow* disebut demikian karena volume fluida tersebut dapat diubah dengan mudah. Di lain sisi, *incompressible flow* bukan tidak dapat merubah volume fluida, hanya saja lebih sulit. Jadi fluida seperti air dapat merubah volume hingga titik tertentu.

Untuk melakukan simulasi *fluid* pada komputer terdapat sangat banyak cara. Dua diantaranya yang paling umum digunakan adalah *grid based simulation* dan *particle based simulation* (Braley & Sandu, 2009). Kedua cara ini memiliki

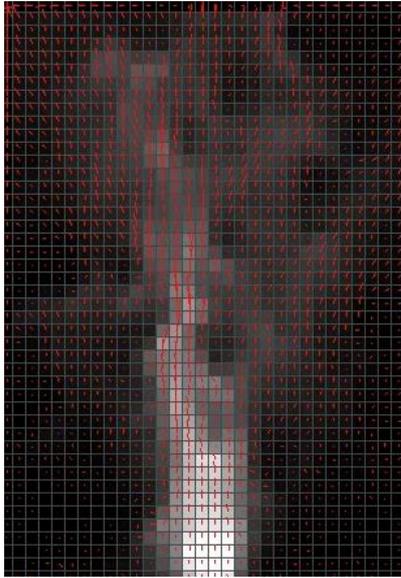
keunggulan dan kekurangannya masing-masing. *Grid based simulation* biasanya lebih akurat, namun simulasinya relatif lama. Sementara itu *particle based simulation* jauh lebih cepat, hanya saja hasilnya tidak sebagus *grid based simulation*.

Pada *grid based simulation*, metode yang digunakan adalah *Eulerian*. Perhitungan *Eulerian* melakukan *tracking* pada titik-titik tetap di dalam *fluid*. Pada tiap titik tersebut tersimpan kuantitas seperti kecepatan *fluid* pada saat mengalir, atau densitas *fluid* pada saat melewatinya (Braley & Sandu, 2009). Pada *grid based simulation* perhitungan *Eulerian* ini terdapat pada tiap kotak yang disebut dengan metode *Marker and Cell* atau *MAC* (Lyle, 2008). Hal ini yang membuat simulasi dengan menggunakan *grid based simulation* menjadi lama namun akurat. Bisa dibayangkan seperti sebuah gambar. Gambar dengan *pixel* yang lebih banyak akan terlihat lebih jelas, sementara gambar dengan *pixel* yang lebih sedikit akan terlihat pecah.



Gambar 2.5. *grid based simulation* 01

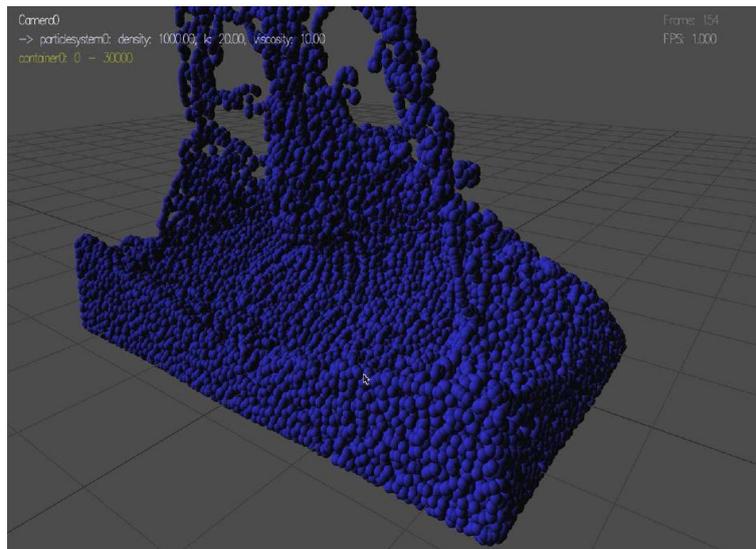
(Sumber: <https://blog.yiningkarlli.com/content/images/2014/Jan/longgrid.0218.png>)



Gambar 2.6. *grid based simulation 02*

(Sumber: <http://i.imgur.com/s9IsV.png>)

Sementara itu, *particle based simulation* menggunakan metode *Langrangian*. Metode *Langrangian* membuat simulasi partikel terpisah satu dengan lainnya dalam bentuk bola-bola (Braley & Sandu, 2009). Berbeda dengan *grid based simulation*, *particle based simulation* dapat membuat simulasi *fluid* yang lebih cepat. Namun hasilnya tidak seakurat *grid based simulation* dikarenakan adanya jarak kosong antara partikel. *Particle based simulation* umumnya lebih mudah diprogram dan dimengerti. Dikarenakan *particle based simulation* lebih cepat, simulasi ini dapat digunakan pada hal yang berbasis *real time* seperti *video game*.



Gambar 2.7. *Particle Simulation*

(Sumber: <http://paracomp.sourceforge.net/pics/sph.png>)

2.7. Ledakan

Jika mendengar kata “ledakan”, hal yang dibayangkan setiap orang pasti berbeda-beda. Meskipun hal-hal tersebut berbeda satu dengan yang lainnya, namun cara terjadinya sebuah ledakan akan kurang lebih sama. Sebuah ledakan terjadi saat energi dalam jumlah yang besar dilepaskan ke dalam area dengan volume yang kecil dalam waktu yang sangat singkat. Energi yang dilepaskan terdapat dalam beberapa bentuk, termasuk ledakan kimia, ledakan nuklir, dan ledakan *hydrothermal*. Ledakan kimia merupakan ledakan buatan, ledakan nuklir merupakan ledakan yang berasal dari energi nuklir, dan ledakan *hydrothermal* merupakan ledakan vulkanik.

Pada umumnya sebuah ledakan memiliki empat karakteristik dasar: (1) senyawa kimia atau campuran yang dinyalakan oleh panas, kejutan, benturan, gesekan, atau kombinasi dari kondisi ini; (2) Pada saat dinyalakan, terurai dengan cepat dalam ledakan; (3) Terdapat pelepasan energi cepat dan gas bertekanan tinggi

dalam jumlah besar yang mengembang dengan cepat; (4) Energi yang dilepaskan dari ledakan sebuah peledak menghasilkan: kepingan batu, perpindahan batu, getaran tanah, dan ledakan udara (National Park Service, 2017). Karakteristik tersebut berlaku untuk semua jenis ledakan, termasuk ledakan yang terjadi secara natural. Sebuah ledakan memerlukan sebuah pemicu agar suatu zat peledak dapat meledak. Meskipun sekarang sudah ditemukan zat peledak yang dapat meledak tanpa adanya sebuah percikan atau terlihat seperti meledak secara tiba-tiba tanpa adanya suatu sebab, tentu ada suatu kondisi agar zat tersebut dapat meledak.

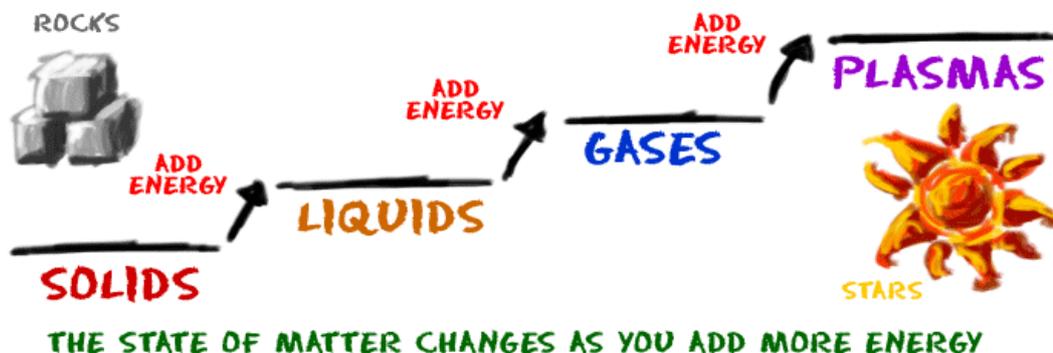
Ledakan kimia dapat dibedakan dari reaksi eksotermik lainnya dari kecepatan ekstrem dari reaksinya. Selain pelepasan energi yang luar biasa, ledakan kimia harus mempunyai cara untuk memindahkan energi secara mekanis (Eneh, 2015). Hal ini dapat dicapai dengan memperlebar gas-gas produk dari reaksi. Jika tidak ada gas yang dihasilkan, maka energi akan tetap pada produk sebagai panas. Kebanyakan dari ledakan merupakan hasil dari reaksi oksidasi dimana zat yang bereaksi dengan oksigen melepaskan energi (Urbanski, 2016).

Karena kebanyakan ledakan merupakan hasil dari reaksi oksidasi, maka banyaknya oksigen menjadi kunci penting di sini. Jika adanya kekurangan oksigen yang bereaksi dengan karbon dan hidrogen yang ada, maka sebuah peledak disebut kekurangan oksigen. Sebaliknya jika banyak oksigen yang beraksi dengan karbon dan hidrogen yang ada, maka sebuah peledak disebut kaya akan oksigen. Ukuran kuantitatif untuk mengukur seberapa banyaknya oksigen ini disebut dengan *oxygen balance (OB)*.

2.8. Plasma

Energi dapat ditemukan di sekitar kita dalam kehidupan sehari-hari. Beberapa energi kita sadari dan manfaatkan, ada pula energi yang tidak sadari namun dapat dirasakan. Energi sendiri memiliki banyak bentuk. Contoh dari bentuk energi tersebut di antaranya energi kinetik, energi gravitasi, energi elastis, energi kimia, energi nuklir, energi panas, energi listrik, dan energi radiasi. Bentuk-bentuk energi tersebut dapat dikonversi dari satu bentuk ke bentuk yang lainnya, namun tidak dapat diciptakan ataupun dihancurkan (Schroeder, n.d.).

Energi-energi tersebut membutuhkan medium untuk bergerak. Misalnya seperti suara yang dapat terdengar oleh seseorang karena gelombang suara tersebut merambat pada medium udara. Di dunia ini kebanyakan orang hanya mengetahui tiga wujud benda, yaitu: padat, cair, dan gas. Namun ada satu wujud lagi yang disebut sebagai wujud keempat yaitu plasma. Sebuah plasma dapat terbentuk saat suatu gas dipanaskan pada temperatur yang tinggi sehingga atom-atom gas tersebut terpecah yang kemudian membentuk campuran netral dari ion positif dan elektron (Rycroft, 2015).



Gambar 2.8. Empat wujud benda

(Sumber: <http://www.chem4kids.com/files/art/matter-states-03.png>)

Sebenarnya plasma sendiri tanpa disadari dapat ditemukan di sekitar kita. Contohnya seperti korona matahari, bohlam lampu, bahkan layar monitor seperti yang terdapat pada plasma TV. Plasma sendiri dibagi menjadi dua buah kategori: *conventional thermal plasma* dan *non-thermal plasma (NTP)*. *Conventional thermal plasma* merupakan wujud plasma yang terjadi secara alami seperti pada matahari dan memiliki temperatur yang sangat tinggi. Sedangkan *NTP* merupakan plasma yang dibuat oleh manusia dalam kondisi tertentu dan memiliki temperatur yang lebih rendah sehingga disebut sebagai panas yang “dikontrol”. *NTP* dapat diaplikasikan ke dalam beberapa bidang seperti energi, obat-obatan, *3D printing*, industrial, dan pertanian.

Plasma dapat diciptakan dalam lingkungan yang bermagnet dan terkendali pada saat percampuran (O'Donnel, 2018). Bukti sains menunjukkan bahwa sebenarnya plasma merupakan wujud yang paling umum di alam semesta, bahkan dapat ditemukan di bumi. Untuk dapat menghasilkan energi melalui percampuran plasma, ilmuwan harus membuat sebuah tempat penampung dengan kondisi intens yang menyerupai kualitas penghasil energi dari matahari yang dapat diproduksi dan dipertahankan. Untuk menghasilkan energi menggunakan plasma, wadah harus tetap utuh pada saat proses percampuran dan plasma harus tetap bersih. Apabila proses ini dapat dilakukan, maka ada kemungkinan energi yang dihasilkan plasma dapat menjadi pembangkit energi yang dapat diperbaharui ke depannya dan bebas karbon.