

BAB II

KAJIAN TEORI

A. Wayang

1. Sejarah Wayang

Menurut Bastomi (1995: 1), buku-buku jawa kuno memuat permulaan adanya wayang. Dalam buku itu dinyatakan bahwa wayang adalah gambaran fantasi tentang bayangan manusia (Jawa: *ayang-ayang*). Perkembangan berikutnya wayang diartikan sebagai bayang-bayang boneka yang dimainkan di atas layar putih. Pengertian itu telah menunjuk pada boneka dua dimensi, yaitu boneka wayang kulit. Tinjauan dari sisi lain didasarkan pada anggapan bahwa orang Jawa pada zaman dahulu, yaitu: pada zaman neolitikum, kira-kira pada tahun 500 sebelum masehi, mulai menaruh kepercayaan kepada roh nenek moyang bagi orang yang telah meninggal. Roh dianggap dapat memberi pertolongan dan perlindungan kepada setiap kehidupan. Oleh karena itu, anak cucu yang masih hidup dalam usaha memajukan kehidupan keluarga di lingkungannya, mereka menyembah kepada roh nenek moyang.

Atas dasar keyakinan tersebut roh nenek moyang dapat diundang untuk datang di tengah-tengah keluarga anak cucu. Kehadirannya diharapkan akan memberi pengaruh dan berkah kepada anak cucu yang masih hidup. Pikiran dan anggapan seperti ini yang mendorong masyarakat jawa membuat bayangan roh sehingga mereka dapat membayangkan roh nenek moyang yang telah meninggal. Oleh karena itu, dengan segala macam cara masyarakat berusaha menahan roh nenek moyang untuk sementara dalam bayangan yang telah mereka buat tadi. Cara-

cara yang ditempuh untuk menahan roh nenek moyang tersebut dilakukan dengan memilih:

- a. Tempat khusus, yaitu: di dalam rumah tempat tinggal keluarga yang dianggap ghaib; Misalnya: pendapa, pringgitan, mungkin juga di lingkungan alam terbuka yang dianggap ghaib misalnya di sendang (kolam yang bermata air) yang berada di bawah pohon rindang.
- b. Waktu khusus, yaitu: waktu yang dianggap gaib yang seirama dengan gerak jiwa serta alamnya; Misalnya: waktu tengah malam pada saat roh nenek moyang sedang menggembira.
- c. Orang sakti, yaitu: orang yang mampu berhubungan dengan hal-hal yang gaib, antara lain: pendeta, tokoh masyarakat, dukun, atau dalang.

Atas dasar kepercayaan masyarakat kepada roh nenek moyang maka wayang diartikan sebagai bayangan roh nenek moyang. Untuk memvisualisasikan atau menyatakan bayangan roh itu dibuatlah boneka yang diproyeksikan pada sehelai layar putih. Boneka berfungsi sebagai tempat sementara roh yang datang, sedangkan bayangan boneka sebagai bayangan roh yang tinggal sementara di dalam boneka.

Gagasan tentang wayang telah ada sebelum kebudayaan Hindu masuk ke Jawa, sehingga dapat dikatakan bahwa wayang merupakan ciptaan asli masyarakat Jawa. Dasar penciptaannya adalah kepercayaan terhadap kekuatan ghaib yang datang dari roh nenek moyang. Kepercayaan seperti itu disebut kepercayaan *animisme*.

2. Jenis Wayang

Menurut Sunarto (1989: 25), ada berbagai macam wayang yang dapat dijumpai di Jawa. Wayang tersebut terbuat dari beragam bahan pula. Beberapa jenis wayang tersebut adalah sebagai berikut:

a. Wayang Purwa

Pada umumnya lakon (cerita) yang dibawakan dalam wayang purwa diambil dari Ramayana dan Mahabarata. Bentuk wayang ini sangat berbeda dengan tubuh manusia pada umumnya dan diukir dengan sistem tertentu sehingga perbandingan (proporsi) antara bagian satu dengan lainnya seimbang. Pada mulanya bentuk wayang purwa didasarkan pada bentuk relief candi, lambat laun bentuk itu mengalami perubahan sedemikian rupa sehingga sesuai dengan pribadi masyarakat Indonesia (Jawa).

Di dalam wayang purwa (juga pada jenis wayang yang lain), ukuran besar tingginya dapat dibedakan menjadi 4 (empat) macam, yaitu:

1) Wayang Pedalangan

Jenis wayang pedalangan ini adalah wayang kulit yang ukuran besarnya umum dipergunakan dalam masyarakat. Sebagai contoh ukuran wayang pedalangan wayang kulit purwa, adalah sebagai berikut: Wayang Bima (tinggi: 70,7 cm, lebar: 30,2 cm), Wayang Arjuna (tinggi: 44,5 cm, lebar: 17,5 cm), Wayang Sembadra (tinggi: 29,4 cm, lebar: 14 cm), Wayang Batara Kala (Jenis Raksasa) (tinggi: 83 cm, lebar: 42,5 cm).

2) Wayang Kaper

Wayang kaper adalah ukuran wayang kulit yang terkecil. Pembuatan wayang yang berukuran besar pada jenis ini, misalnya: Bima atau Raksasa dibuat sama besarnya dengan Kresna atau Arjuna pada jenis wayang Pedalangan. Kemudian ukuran pada wayang-wayang lainnya disesuaikan. Pada umumnya wayang kaper diperuntukkan bagi anak-anak yang mempunyai bakat dalam bidang pewayangan (pedalangan).

3) Wayang Kidang Kencanan

Wayang kidang kencanan adalah salah satu jenis ukuran wayang kulit yang lebih besar dari jenis wayang kaper. Wayang kidang kencanan yang terbesar ukurannya seperti Bima atau Raksasa dibuat sama besarnya dengan wayang Gatutkaca pada jenis wayang pedalangan. Jenis wayang ini juga sering disebut *kencana* yang berarti sedang. Maksud dari pembuatan wayang jenis ini supaya bila digunakan dalam pentas tidak terlalu berat.

4) Wayang Ageng

Wayang ageng merupakan jenis ukuran wayang kulit yang terbesar dari jenis yang lain. Bila dibandingkan dengan wayang pedalangan, wayang ageng lebih tinggi satu atau satu setengah “*lemahan*” (bagian yang menghubungkan jari-jari kaki belakang dengan kaki muka). Wayang ageng untuk keperluan pertunjukan pergelaran wayang tidak memenuhi syarat-syarat kepraktisan. Hal ini dikarenakan, wayang ini tidak sesuai dengan kekuatan dalang untuk memainkannya dengan baik selama pertunjukan semalam suntuk. Selain ukuran kurang praktis, ada beberapa

adegan yang memberikan kesan seolah-olah ruang pentas menjadi terlalu sempit karena besarnya wayang.

b. Wayang Madya

Wayang madya merupakan ciptaan Mangkunegara IV Surakarta. Cerita yang dipergelarkan melanjutkan cerita wayang purwa, yaitu dari Yudayono sampai Jayalengkara. Pada umumnya wayang Madya tokoh-tokoh raja tidak memakai praba (sinar atau nimbus), suatu perhiasan yang dipakai pada punggung setiap raja, sebagai lambang kedudukannya. Cara memakai kainnya ialah dengan apa yang dinamakan “banyakan” (laksana tabiat angsa).

c. Wayang Klitik

Boneka wayang ini wujudnya pipih, walaupun tidak setipis kulit dan dibuat dari kayu. Lengan atau tangannya dibuat dari kulit sapi atau kerbau. Jenis wayang ini untuk menceritakan tanah Jawa, khususnya kerajaan Majapahit dan Pajajaran.

d. Wayang Beber

Wayang beber merupakan gambar wayang yang dilukiskan pada kain putih. Wayang beber biasanya terdiri dari 4 gulung (buah) yang berisi 16 adegan. Uraian R.M. Sajid mengenai wayang beber adalah sebagai berikut:

“Wayang beber itu bukan wayang yang dipergunakan untuk “*mbarang*” (ngamen) yang kemudian dipertunjukan di jalan-jalan. Kata “*beber*” dalam hal ini berarti direntangkan, yang dalam Bahasa Jawa *digelar* atau *dijembreng*. Setiap kali diceritakan lalu gambar wayang itu direntangkan agar supaya diketahui oleh penonton bagaimana bentuk lukisan dari cerita tersebut” (R.M. Sajid, 1958: 88).

e. Wayang Gedog

Wayang gedog diciptakan oleh Sunan Giri, untuk digunakan dalam cerita Panji yang merupakan cerita raja-raja Jenggala, yaitu mulai dari Prabu Sri Ghataya (Subrata) sampai dengan Panji Kudalaleyan. Bentuk wayang gedog ini mirip dengan bentuk wayang purwa, tetapi tidak menggunakan gelung “supit urang” pada tokoh-tokoh rajanya. Pada wayang jenis ini tidak diketemukan wayang-wayang raksasa dan wayang-wayang kera. Semua memakai kain kepala yang disebut “*hudeng gilig*”.

f. Wayang Golek

Boneka ini kebanyakan berpakaian jubah (baju panjang), tanpa berkain panjang, memakai serban (ikat kepala ala Arab), memakai sepatu, pedang, dan perlengkapan yang lainnya, digerakkan secara bebas dan terbuat dari kayu yang bentuknya bulat seperti lazimnya boneka. Cerita wayang jenis ini bersumber pada serat Menak, yang berisikan cerita Arab. Tetapi ada beberapa daerah yang menggunakan cerita yang biasa digunakan dengan jenis wayang Purwa, yaitu: Ramayana dan Mahabarata.

3. Karakteristik dan Watak Tokoh Wayang

Watak dan sifat-sifat tokoh wayang sebagian besar terwujud dalam bentuk raut muka dan warnanya. Raut muka wayang kulit Purwa mengutamakan pelukisan watak dasar lahir batin manusia. Perwujudan watak dasar itu dilukiskan dalam pola bentuk dan warna raut muka atau wajah, yaitu: pada bentuk mata, bentuk hidung, bentuk mulut, warna muka, posisi muka dan juga pada posisi dan perbandingan

ukuran tubuh. Pelukisan watak ini diperjelas dengan suara yang diucapkan oleh Ki Dalang, atau yang disebut Antawecana (Soekatno, 1992: 23).

Menurut Sunarto (1989: 36), dalam wayang kulit purwa dapat diketahui peran yang digambarkan melalui wajah (muka), posisi kaki serta bagian lain. Tetapi yang paling menentukan adalah pada wajah (muka) yang terutama pada mulut, mata dan hidung. Adapun bagian-bagian tersebut dapat diuraikan sebagai berikut:

a. Macam-macam mata wayang kulit purwa

Ada tujuh macam bentuk mata wayang kulit purwa, di antaranya adalah:

1) Mata Liyepan (mata gabahan)

Mata liyepan wujudnya menyerupai bentuk sebuah biji gabah (biji padi), yang belum dikupas kulitnya, seperti pada Gambar 1. Jenis mata liyepan ini digunakan oleh tokoh wayang yang bertubuh kecil, langsing, yang memancarkan sifat atau watak bertubuh luhur, bijaksana. Contoh wayang bermata liyepan: Arjuna, Nakula, Sadewa, dan Samba.



Gambar 1. Mata Liyepan

2) Mata Kedelen

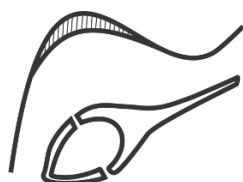
Untuk menggambarkan tokoh-tokoh yang berwatak perwira, tangkas, pemberani serta yang bertubuh sedang dengan jenis mata kedelen, yaitu: jenis mata wayang yang bentuknya menyerupai bentuk biji kedelai, seperti pada Gambar 2. Contoh wayang bermata kedelen: Matswapati, Satyaki, dan Ugrosena.



Gambar 2. Mata Kedelen

3) Mata Peten

Mata peten adalah bentuk mata wayang yang menyerupai biji petai, seperti pada Gambar 3. Tokoh yang digambarkan dengan jenis mata peten ini bertubuh sedang tetapi berwatak kurang terpuji, licik, suka curang. Contoh wayang bermata peten: Kartamarma, Aswatama, dan Citraksa.



Gambar 3. Mata Peten

4) Mata Thelengan

Mata thelengan adalah bulat penuh biji matanya, seperti pada Gambar 4. Tokoh wayang bermata thelengan berwatak bersahaja, berbudi luhur, tangkas, tangguh, selalu berdiri pada fihak yang benar. Tokoh wayang ini bertubuh keras (“singset”). Contoh wayang bermata thelengan: Bima, Kurupati, dan Krepa.



Gambar 4. Mata Thelengan

5) Mata Plelengan

Bentuk mata plelengan bulat penuh seperti bentuk jenis mata thelengan, tetapi lebih besar dan disesuaikan dengan muka wayang. Mata plelengan disungging dengan warna warna hitam yang berkesan membelalak, seperti pada Gambar 5. Tokoh wayang bermata plelengan adalah bertubuh besar, berwatak angkara murka, serakah, perkasa tetapi keji. Contoh wayang bermata plelengan: Kumbakarna, Dasamuka, dan Pancatnyana.



Gambar 5. Mata Plelengan

6) Mata Kiyer (Penenggalan)

Mata kiyer bentuknya menyerupai bulan sabit, seperti pada Gambar 6. Tokoh wayang bermata kiyer memancarkan sifat yang tidak terpuji, licik, tidak dapat dipercaya, mencemooh dan sebagainya. Contoh wayang bermata kiyer: Sanghyang Narada, Pandeta Drona, dan Denawa Cakil.



Gambar 6. Mata Kiyer

7) Mata Kiyipan

Mata kiyipan hampir sama dengan mata kiyer tetapi pada biji matanya terlihat setengah lingkaran, seperti pada Gambar 7. Tokoh wayang dengan mata kiyipan ini

bertubuh besar yang menggambarkan tokoh gemuk. Contoh wayang bermata kiyipan: Sokrasana, Rukmaka, dan Raseksi.



Gambar 7. Mata Kiyipan

- b. Macam-macam hidung wayang kulit purwa

Hidung wayang kulit purwa terdapat tujuh macam, dikenal sebagai berikut:

1) Hidung Wali Miring

Hidung wali miring merupakan hidung yang diperuntukkan bagi tokoh wayang purwa yang bertubuh kecil. Pada umumnya disertai dengan jenis ‘mata liyepan’ wujudnya menyerupai pangot kecil (pisau raut kecil) yang biasa digunakan untuk mengukir kayu atau topeng, seperti pada Gambar 8. Jenis hidung ini biasanya juga diperuntukkan bagi wayang-wayang “putren” (wayang wanita). Contoh wayang berhidung wali miring: Arjuna, Kresna, Basudewa, Drupada, Sembadra dan sebagainya.



Gambar 8. Hidung Wali Miring

2) Hidung Bentulan

Hidung bentulan merupakan hidung wayang purwa yang menyerupai buah soka (bentul), seperti pada Gambar 9. Tokoh yang berhidung bentulan biasanya

bermata thelengan atau peten. Seperti tokoh-tokoh: Bima, Gatutkaca, Antareja, Citraksa, Setija, dan sebagainya.



Gambar 9. Hidung Bentulan

3) Hidung Wungkal Gerang

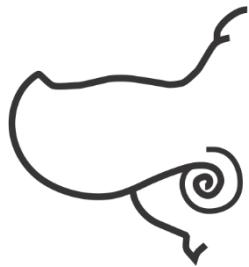
Wujud dari jenis hidung wungkal gerang hampir sama dengan hidung wayang jenis bentulan, tetapi ujungnya tajam (runcing) sedikit. Bentuknya menyerupai bentuk batu asah yang sudah lama digunakan (gerang), seperti pada Gambar 10. Wayang kulit purwa yang berhidung wungkal Gerang antara lain: Rahwana, Boma, Dursasana, Burisrawa, dan sebagainya.



Gambar 10. Hidung Wungkal Gerang

4) Hidung Pelokan

Hidung pelokan pada umumnya digunakan pada tokoh wayang yang bermata plelengan, bentuknya menyerupai isi mangga, seperti pada Gambar 11. Tokoh yang berhidung pelokan biasanya adalah raksasa, seperti: Kumbakarna, Prahasta, Pancatnyana, Suratrimantra, dan sebagainya.



Gambar 11. Hidung Pelokan

5) Hidung Pesekan

Untuk menggambarkan tokoh-tokoh kera, dalam pewayangan digunakan bentuk hidung yang dinamakan jenis hidung pesekan, seperti pada Gambar 12. Contoh wayang berhidung pesekan: Sugriwa, Anggoda, Jembawan, dan sebagainya.



Gambar 12. Hidung Pesekan

6) Hidung Terong Glatik

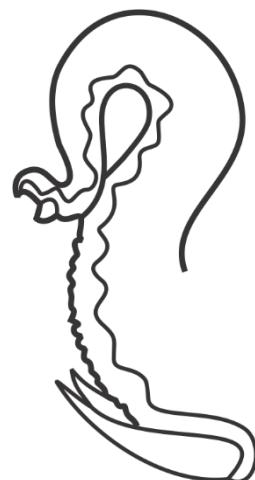
Hidung terong glatik bentuknya menyerupai buah terong glatik atau terong jenis kecil, seperti pada Gambar 13. Hidung terong glatik dalam wayang kulit purwa diperuntukkan bagi tokoh-tokoh wayang yang luar biasa yang memancarkan sifat kesetiaan, kemuliaan, kearifan. Contoh wayang berhidung terong glatik: Nala Gareng dan Denawa Endog.



Gambar 13. Hidung Terong Glatik

7) Hidung belalai

Hidung belalai ini menyerupai hidung binatang yang memancarkan kekuatan luar biasa, seperti pada Gambar 14. Karena terjadi dari perpaduan dua kekuatan antara sifat binatang dengan sifat raksasa. Contoh wayang berhidung belalai adalah Betawa Gana (Ganesya).



Gambar 14. Hidung Belalai

c. Macam-macam mulut wayang kulit purwa

Disamping bentuk mata dan bentuk hidung pada wayang kulit purwa, masih ada bagian yang tidak kalah penting bila dibandingkan dengan dua bagian tersebut, yaitu bagian mulut. Bagian ini juga menentukan karakter tokoh wayang yang digambarkan dalam perannya. Bentuk mulut dibedakan menjadi tujuh, dikenal sebagai berikut:

1) Mulut Mingkem

Bentuk mulut mingkem dalam pewayangan untuk menggambarkan mulut dalam keadaan “mingkem” (bibir atas dan bibir bawah tertutup rapat), seperti pada Gambar 15. Pada umumnya tokoh wayang yang bermulut mingkem adalah

mempunyai kemampuan yang luar biasa dan mempunyai kekuatan yang tidak terbatas. Biasanya bermata liyepan dan berhidung wali miring. Contoh wayang bermulut mingkem: Sang Hyang Wenang, Betara Guru (Wand Areca), dan Begawan Abiyasa.



Gambar 15. Mulut Mingkem

2) Mulut Gethetan

Mulut gethetan bentuknya menyerupai bentuk mulut jenis mingkem, tetapi menggunakan “salitan” atau bagian ikal pada ujung belakang mulut wayang dengan gigi sedikit terlihat, seperti pada Gambar 16. Jenis wayang yang bermulut Gethetan adalah wayang kesatria (Bagusan). Biasanya bermata thelengan, liyepan, peten, kedelen dan kadang-kadang bermata plelengan dan berhidung wali miring dan bentulan. Contoh: Arjuna, Bima, Sembadra, Drupada, Salya, Seta.



Gambar 16. Mulut Gethetan

3) Mulut Gusen

Dalam jenis mulut gusen ini ada dua macam yaitu gusen dan gusen tanggung. Bentuknya hampir sama dengan mulut gethetan yang ditambah penggambaran gusi (untuk gusen tanggung), seperti pada Gambar 17. Sedangkan untuk gusen bentuknya sama dengan gusen tanggung hanya tidak memakai “salitan”, giginya terlihat, kadang-kadang bertaring, seperti pada Gambar 18. Wayang bermulut gusen

biasanya berhidung wungkal gerang dan bermata plelengan. Contoh: Boma, Dursana, Dasamuka, Pragota, Prabawa, Indrajit, Sakuni, dan sebagainya.



Gambar 17. Mulut Gusen



Gambar 18. Mulut Gusen Tangggung

4) Mulut Mesem

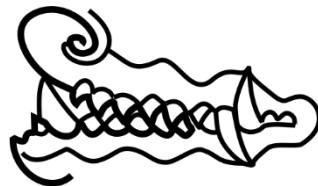
Bentuk mulut mesem dipergunakan untuk menggambarkan tokoh-tokoh wayang kulit purwa yang suka tersenyum dan memancarkan kegembiraan, seperti pada Gambar 19. Tokoh wayang bermulut mesem antara lain: Nala Gareng, Petruk, tokoh-tokoh cantrik dan lain sebagainya.



Gambar 19. Mulut Mesem

5) Mulut Mrenges

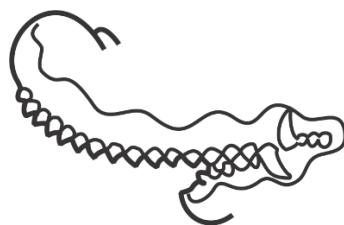
Mulut mrenges dipergunakan untuk menggambarkan jenis mulut yang kelihatan gigi atas dan gigi bawah. Kadang-kadang bertaring dan dalam keadaan terbuka sedikit, seperti pada Gambar 20. Tokoh wayang bermulut mrenges biasanya bermata kiyer (penanggalan) dan berhidung pelokan. Umumnya tokoh wayang dengan jenis mulut ini adalah raksasa yang bertubuh kecil, seperti: Kalamarica, Anggrisana, Denawa Cakil, dan sebagainya.



Gambar 20. Mulut Mrenges

6) Mulut Anjeber

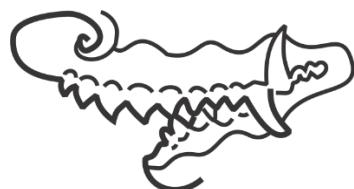
Mulut anjeber bentuknya hampir sama dengan jenis mulut mrenges, yaitu sama-sama kelihatan gigi atas dan gigi bawahnya, tetapi mulut tokoh wayang tersebut lebih lebar terbukanya. Gigi-giginya kecil-kecil, atas dan bawah bertaring, seperti pada Gambar 21. Pada umumnya jenis mulut anjeber untuk menggambarkan tokoh-tokoh wayang kera, seperti: Anggada, Anoman, Subali, dan sebagainya.



Gambar 21. Mulut Anjeber

7) Mulut Ngablak

Bentuk mulut ngablak adalah untuk menggambarkan mulut wayang dalam keadaan terbuka lebar dengan gigi besar dan bertaring panjang, seperti pada Gambar 22. Biasanya untuk menggambarkan tokoh-tokoh wayang raksasa, seperti: Pancatnyana, Suratrimantra, Niwata Kawaca dan tokoh raksasa lainnya.



Gambar 22. Mulut Ngablak

d. Macam-macam warna muka wayang kulit purwa

Menurut Bastomi (1995: 12), setiap warna yang dipulaskan pada muka wayang mengandung arti perlambang. Secara umum warna mengandung arti sebagai berikut:

1) Warna hitam

Warna hitam adalah lambang ketenangan, kesungguhan, dan kejujuran.

2) Warna Merah

Warna merah adalah lambang kemarahan, keberanian, ketamakan, dan kemurkaan.

3) Warna Putih

Warna putih adalah lambang kesucian dan kelembutan.

4) Warna Kuning

Warna kuning adalah lambang keremajaan dan kebesaran.

5) Warna Merah Jingga

Warna merah jingga adalah lambang kemarahan dan kemauan keras.

6) Warna Merah Jambu

Warna merah jambu adalah lambang pengecut dan emosional.

7) Warna Biru Muda

Warna biru muda adalah lambang lemah pendirian dan setengah bodoh.

4. Ciri-Ciri dan Sifat Tokoh Wayang

Pada setiap tokoh wayang purwa mempunyai ciri-ciri dan sifat yang berbeda-beda. Beberapa ciri dan sifat tokoh wayang menurut Yasarusastra (2011, 23) disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Ciri-Ciri dan Sifat Tokoh Wayang

No	Nama	Raut Muka	Postur Tubuh	Sifat
1.	Raden Burisrawa	Mata Thelengan, Hidung Wungkal Gerang, Mulut Gusen, Warna Muka Merah	Gagah perkasa, kuat, sangat berani, tinggi besar berdada lebar	Merasa dirinya rupawan, gemar berbuat onar, suka menantang berkelahi orang, pendendam, ingin selalu menang sendiri
2.	Raden Arjuna	Mata Liyepan, Hidung Wali Miring, Mulut Gethetan, Warna Muka Hitam	Badan kecil tapi kuat, jiwanya tenang, wajahnya bercahaya, dan sangat tampan menjadi idaman dunia.	Belas kasihan, suka menolong, mudah menyesuaikan diri, sakti tanpa ajian, gemar bertapa, pergi perang tanpa membawa pasukan.
3.	Prabu Dasamuka	Mata Plelengan, Hidung Wungkal Gerang, Mulut Gusen, Warna Muka Merah	Gagah perkasa, berbentuk raksasa, dan bertaring.	Gemar unjuk kekuatan, banyak bicara untuk menakuti lawan, bengis dan kejam meski sebenarnya penakut juga.
4.	Raden Kumbakarna	Mata Plelengan, Hidung Pelokan, Mulut Ngablak, Warna Muka Merah Jingga	Gagah perkasa, tinggi besar, berbentuk raksasa, dan bertaring, serta menakutkan lawan bicara.	Berjiwa kesatria, jujur, membela kebenaran, dan berbakti kepada tanah air atau negara bukan membela kakaknya yaitu dasamuka dalam perang melawan Negara Ayodya.
5.	Nala Gareng	Mata Juling, Hidung Terong	Kecil, pendek, tangan bengkok,	Sederhana, jujur, gemar berkelakar.

		Glatik, Mulut Mesem, Warna Muka Putih	mata juling, kaki timpang	
6.	Raden Anoman	Mata Thelengan, Hidung Pesekan, Mulut Anjeber, Warna Muka Putih	Gagah perkasa, sembada. Berwujud kera putih yang dapat berbicara seperti manusia dan beradat-istiadat seperti manusia.	Berpendirian dan kemauannya kuat, jujur, berani, berbakti setia kepada raja, pandai menempatkan diri.
7.	Bathara Guru	Mata Liyepan, Hidung Wali Miring, Mulut Mingkem, Warna Muka Hitam	Tegap (serasi besar dan tinggi tubuhnya), kuat tetapi badannya cacat, lehernya belang, kakinya lemah, bertaring, dan bertangan empat	Agak sombang, pendirian dan kemauannya lemah.
8.	Prabu Baladewa	Mata Kedelen, Hidung Wali Miring, Mulut Gethetan, Warna Muka Merah	Gagah perkasa dan serba pantas	Pemberani, tidak mudah putus asa, pendiriannya kuat, pemarah, mudah tersinggung, tangannya ringan siap untuk memukul.

B. Augmented Reality

1. Markerless Augmented Reality

Menurut Fernando (2013: 4), salah satu metode *Augmented Reality* yang saat ini sedang berkembang adalah metode *Markerless Augmented Reality*, dengan metode ini pengguna tidak perlu lagi menggunakan sebuah *marker* untuk

menampilkan elemen-elemen *digital*. Seperti yang saat ini dikembangkan oleh perusahaan *Augmented Reality* terbesar di dunia *Total Immersion* dan *Qualcomm*, mereka telah membuat berbagai macam teknik *Markerless Tracking* sebagai teknologi andalan mereka, seperti *Face Tracking*, *3D Object Tracking*, dan *Motion Tracking*.

a. *Face Tracking*

Menggunakan algoritma yang mereka kembangkan, komputer dapat mengenali wajah manusia secara umum dengan cara mengenali posisi mata, hidung, dan mulut manusia, kemudian akan mengabaikan obyek-obyek lainnya. Teknik ini pernah digunakan di Indonesia pada Pekan Raya Jakarta 2010 dan *Toy Story 3 Event*.

b. *3D Object Tracking*

Berbeda dengan *Face Tracking* yang hanya mengenali wajah manusia secara umum, teknik *3D Object Tracking* dapat mengenali semua bentuk benda yang ada di sekitar, seperti mobil, meja, televisi, dan lain-lain.

c. *Motion Tracking*

Pada teknik ini komputer dapat menangkap gerakan, *Motion Tracking* telah mulai digunakan secara ekstensif untuk memproduksi film-film yang mencoba mensimulasikan gerakan. Contohnya pada film *Avatar*, di mana James Cameron menggunakan teknik ini untuk membuat film tersebut dan menggunakannya secara *realtime*.

2. Pemanfaatan *Augmented Reality*

Banyak sekali aplikasi yang menggunakan *augmented reality*, yang dimaksudkan untuk digunakan oleh masyarakat umum, seperti *augmented reality* pada *game*, *browser*, dan aplikasi navigasi. Beberapa ini merupakan contoh dari penggunaan *augmented reality* pada bidang-bidang tertentu.

a. Bidang Militer dan Hukum

Pada bidang militer, digunakan untuk melakukan simulasi.

b. Kendaraan

Pada kendaraan, biasa digunakan untuk memberikan petunjuk arah dengan menggunakan layar lebar.

c. Kesehatan

Augmented Reality menyediakan data-data *input* berguna pada saat operasi, dan terkadang membantu memberikan instruksi yang dapat memaksimalkan proses operasi *realtime*.

d. Arsitektur

Menggunakan *blueprint* untuk menampilkan *augmented reality* berupa bangunan secara *virtual*, sehingga mempercepat pekerjaan di bidang arsitektur, dan dapat memperkirakan kelemahan-kelemahan yang ada pada bangunan.

e. Pendidikan

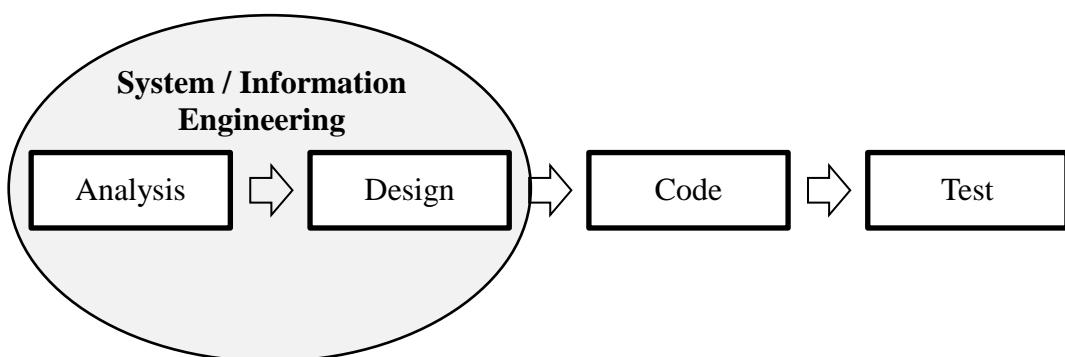
Karen Hamilton dan Jorge Olenewa (2010: 5) juga melihat berbagai potensi dan keuntungan dari penerapan teknologi *augmented reality* pada bidang pendidikan, antara lain menurut mereka yaitu:

- 1) Menyediakan pembelajaran kontekstual yang kaya bagi individu dalam mempelajari suatu keterampilan.
- 2) Merealisasikan konsep pendidikan dimana siswa memegang kendali proses pembelajaran mereka sendiri.
- 3) Membuka kesempatan dalam menciptakan pembelajaran yang lebih autentik dan dapat diterapkan dalam berbagai gaya pembelajaran.

C. Teori dan Perancangan

1. Perancangan Sistem

Perancangan sistem merupakan pengembangan sistem baru untuk mengatasi masalah pada sistem yang lama. Model perancangan sistem yang akan dipakai adalah metode analisis sistem terstruktur atau *Waterfall Model*. Tahapan pada *Waterfall Model* disusun bertingkat dan dilakukan secara berurutan. Ada empat tahapan pada *Waterfall Model*, yakni: *Analysis*, *Design*, *Code*, dan *Test* Pressman (2001: 28). Tahapan pada *Waterfall Model* dapat disajikan pada Gambar 23 sebagai berikut:



Gambar 23. Tahapan *Waterfall Model*

Uraian tahap-tahap pada *Waterfall Model* adalah sebagai berikut:

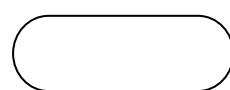
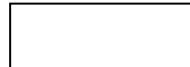
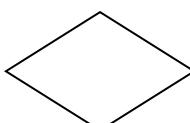
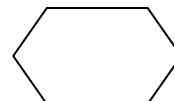
- a. ***Analysis*** adalah tahap menganalisa hal-hal yang diperlukan dalam pelaksanaan perancangan sistem.
- b. ***Design*** adalah tahap penerjemah atau tahap perancangan dari keperluan-keperluan yang dianalisis dalam bentuk yang lebih mudah dimengerti oleh pemakai.
- c. ***Code*** adalah tahap implementasi dari hasil sistem yang telah dirancang dalam bahasa pemrograman yang telah ditentukan dan digunakan dalam pembuatan sistem.
- d. ***Test*** adalah tahap pengujian terhadap program yang telah dibuat. Pengujian dilakukan agar fungsi-fungsi dalam sistem bebas dari *error*, dan hasilnya harus benar-benar sesuai dengan kebutuhan yang sudah didefinisikan sebelumnya.

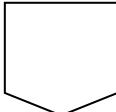
2. ***Flowchart***

Menurut Suarga (2012: 9), *flowcharting* adalah suatu teknik untuk menyusun rencana program yang telah diperkenalkan dan telah dipergunakan oleh kalangan pemrograman komputer sebelum algoritma menjadi popular. *Flowchart* adalah untaian simbol gambar (*chart*) yang menunjukkan aliran (*flow*) dari proses terhadap data. Seorang pemrogram wajib memiliki kemampuan membuat *flowchart*, mampu membaca dan mengerti *flowchart*, dan dapat menerjemahkan *flowchart* ke algoritma atau sebaliknya. Ada dua kategori simbol *flowchart*, yaitu: program *flowchart* dan sistem *flowchart*.

Program *flowchart* adalah simbol-simbol *flowchart* yang digunakan untuk menggambarkan logika dari pemrosesan terhadap data, seperti yang disajikan pada Tabel 2 sebagai berikut:

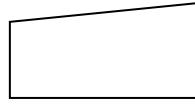
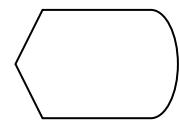
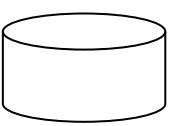
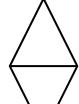
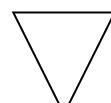
Tabel 2. Program Flowchart

No.	Simbol	Keterangan
1.	<i>Terminator</i> 	Mulai atau Selesai
2.	Proses 	Menyatakan proses terhadap data
3.	<i>Input/Output</i> 	Menerima <i>input</i> atau menampilkan <i>output</i>
4.	Seleksi/Pilihan 	Memilih aliran berdasarkan syarat
5.	<i>Predefined-Data</i> 	Definisi awal dari variabel atau data
6.	<i>Predefined-Process</i> 	Lambang fungsi atau sub-program
7.	<i>Connector</i> 	Penghubung

8.	<i>Off-page Connector</i> 	Penghubung-penghubung halaman pada halaman yang berbeda
----	--	---

Sistem *Flowchart* merupakan simbol-simbol peralatan sistem komputer yang digunakan untuk menyatakan proses pengolahan data, seperti yang disajikan pada Tabel 3 sebagai berikut:

Tabel 3. Sistem *Flowchart*

3. Perancangan Antarmuka

Antarmuka pengguna (*User Interface*) adalah bagian sistem komputer yang memungkinkan manusia berinteraksi dengan komputer. Perancangan antarmuka adalah proses penggambaran bagaimana sebuah bagian sistem dibentuk. Dalam

perancangan antarmuka ada beberapa prinsip yang harus diperhatikan (Deborah, 1992), yaitu:

a. Kompatibilitas Pengguna

Tidak semua pengguna sama dan belum tentu seperti seorang pengembang aplikasi. Pengembang aplikasi harus paham tentang pengetahuan psikologi dasar manusia, pengetahuan ini berpengaruh terhadap kompatibilitas pengguna.

b. Kompatibilitas Produk

Kompatibilitas antar produk harus diperhatikan dan dipertahankan. Hal ini dilakukan dengan mengalahkan perubahan antarmuka pengguna dimana sistem mungkin lebih kompatibel.

c. Kompatibilitas Transisi antar Tugas

Sistem harus diorganisasikan dengan baik, sehingga dapat memudahkan pengguna dalam melakukan transisi tugasnya. Fungsi yang disajikan dalam antarmuka pengguna disesuaikan dengan kebutuhannya.

d. Konsistensi

Konsistensi merupakan hal yang sangat penting untuk membantu pengguna dalam mengembangkan mentalitas yang diperlukan dalam pengoperasian sistem komputer. Konsistensi membuat pengguna berfikir dengan menganalogikan dan memprediksi bagaimana melakukan sesuatu yang belum pernah dilakukan sebelumnya.

e. Kebiasaan

Konsep, terminologi, pengaturan di antarmuka harus dapat dipahami pengguna dengan baik, menjaga antarmuka meniru pola perilaku dan kebiasaan

pengguna, sehingga pola dan perilaku tidak mengganggu pengguna pada saat berinteraksi dengan antarmuka.

f. Kesederhanaan

Sajikan antarmuka dalam bentuk sederhana tanpa mengurangi fungsionalitas dari produk yang dibangun. Kesalahan umum yang terjadi pada perancangan antarmuka adalah berusaha untuk menyediakan semua fungsionalitas tanpa melakukan pengelompokan atau ortogonalitas.

g. Manipulasi Langsung

Manipulasi langsung merupakan gaya dialog dimana aksi yang dilakukan oleh *user* dapat langsung terlihat pada obyek yang tampak di layar monitor. Manipulasi langsung biasanya menyertakan alat penunjuk seperti mouse, *trackball*, atau layar sentuh, dan banyak menggunakan grafik dalam menampilkan obyek dan aksi.

h. Kontrol

Sistem dapat membuat frustasi bagi pengguna, jika mereka merasa dikontrol oleh mesin. Sistem diupayakan selalu berada di bawah kontrol pengguna. Agar hal ini dapat tercapai, antarmuka harus mempunyai sarana yang memungkinkan pengguna dapat menentukan:

- 1) Dimana sebelumnya pengguna berada.
- 2) Dimana pengguna berada sekarang.
- 3) Kemana pengguna dapat pergi.
- 4) Apakah pekerjaan yang sudah dilakukan dapat dibatalkan.

i. Tepat dalam penggunaan (Effektifitas)

Perancangan antarmuka sistem yang sesuai dengan fungsi dari sistem.

Pertanyaan-pertanyaan yang muncul dalam mencapai efektivitas adalah apakah sistem yang dibangun dapat membuat pengguna mudah untuk mempelajarinya, efisien dalam melakukan pekerjaan, pengguna dapat mengakses informasi yang mereka perlukan, dan sebagainya.

j. Efisien dalam penggunaan

Efisiensi merujuk pada apakah sistem menyediakan fasilitas untuk pengguna mengerjakan tugasnya.

k. Keamanan dalam penggunaan

Keamanan merupakan hal yang paling utama untuk melindungi pengguna dalam menghadapi kondisi yang membahayakan dan yang tidak diinginkan. Salah satunya dapat dilakukan dengan cara membuat sebuah pesan dari sebuah aktivitas yang dilakukan pengguna.

l. Kesesuaian Fungsi

Kesesuaian fungsi merujuk pada fungsi-fungsi yang disediakan sistem harus sesuai dengan definisi dari sistem tersebut. Sebagai contoh aplikasi untuk pengolah kata harus menyediakan seluruh fasilitas pengolah kata, seperti pembuatan dokumen baru, penyimpanan dokumen, dan sebagainya.

m. Mudah dalam mempelajari

Sistem yang mudah untuk digunakan adalah sistem yang mudah dalam mempelajarinya. Untuk membangun sistem yang mudah dipelajari oleh pengguna

maka perancang harus mengetahui karakteristik dari pengguna, seperti kemampuan dan keahlian pengguna sistem yang akan dibangun.

n. Mudah diingat

Sistem yang mudah digunakan juga adalah sistem yang mudah diingat bagaimana cara menggunakannya, tidak perlu waktu yang cukup lama untuk mempelajarinya. Memori manusia terbagi menjadi dua bagian, yaitu memori jangka pendek dan memori jangka panjang. Penyerapan informasi pada manusia diterima pertama kali oleh memori jangka pendek, dimana karakteristik memori jangka pendek dalam menyimpan informasi sangat singkat. Agar pengguna mudah dalam mengingat informasi maka informasi perlu disimpan dalam memori jangka panjang melalui proses belajar, oleh karena itu reka bentuk antarmuka yang mudah dipelajari.

D. Vuforia

1. Vuforia SDK

Menurut Fernando (2013: 6), *vuforia* merupakan *software* untuk *augmented reality* yang dikembangkan oleh *Qualcomm*, menggunakan sumber yang konsisten mengenai *computer vision* yang fokus pada *image recognition*. *Vuforia* mempunyai banyak fitur dan kemampuan yang dapat membantu pengembang untuk mewujudkan pemikiran mereka tanpa adanya batas secara teknikal.

Platform vuforia mendukung para pengembang untuk membuat aplikasi yang dapat digunakan hampir seluruh jenis *smartphone* dan *tablet*. Pengembang juga diberikan kebebasan untuk mendesain dan membuat aplikasi yang mempunyai kemampuan antara lain:

- a. Teknologi *computer vision* tingkat tinggi yang mengijinkan *developer* untuk membuat efek khusus pada *mobile device*.
- b. Terus menerus mengenali *multiple image*.
- c. *Tracking* dan *detection* tingkat lanjut.
- d. Solusi pengaturan *database* gambar yang fleksibel.

Target pada *vuforia* merupakan obyek pada dunia nyata yang dapat dideteksi oleh kamera, untuk menampilkan obyek virtual. Beberapa jenis target pada *vuforia* adalah:

- a. *Image targets*, contoh: foto, papan permainan, halaman majalah, sampul buku, kemasan produk, poster, kartu ucapan.
- b. *Frame markers*, tipe *frame* gambar 2D dengan *pattern* khusus yang dapat digunakan sebagai permainan.
- c. *Object targets*, yang memungkinkan obyek 3D fisik menjadi *markernya*. Contoh: buku, mainan, dan benda-benda tiga dimensi lainnya.
- d. *Multi-target*, contohnya kemasan produk atau produk yang berbentuk kotak ataupun persegi. Jenis ini dapat menampilkan gambar sederhana *Augmented 3D*.
- e. *Virtual buttons*, yang dapat membuat tombol sebagai daerah kotak sebagai sasaran gambar.

2. **Arsitektur Vuforia**

Vuforia SDK memerlukan beberapa komponen penting agar dapat bekerja dengan baik. Komponen - komponen tersebut antara lain:

a. Kamera

Kamera dibutuhkan untuk memastikan bahwa setiap *frame* ditangkap dan diteruskan secara efisien ke *tracker*. Para pengembang cukup memberi tahu kamera kapan mereka mulai menangkap dan berhenti.

b. *Image Converter*

Image Converter digunakan untuk mengkonversi format kamera (misalnya *YUVI2*) ke dalam format yang dapat dideteksi oleh *OpenGL* (misalnya *RGB565*) dan untuk *tracking* (misalnya *luminance*).

c. *Tracker*

Tracker memuat algoritma komputer *vision* yang dapat mendeteksi dan melacak obyek dunia nyata yang ada pada video kamera. Berdasarkan gambar dari kamera, algoritma yang berbeda bertugas untuk mendeteksi *trackable* baru, dan mengevaluasi *virtual button*. Hasilnya akan disimpan dalam *state object* yang akan digunakan oleh *video background renderer* dan dapat diakses dari *application code*.

d. *Video Background Renderer*

Video Background Renderer me-render gambar dari kamera yang tersimpan di dalam *state object*. Performa dari *video background renderer* sangat bergantung pada *device* yang digunakan.

e. *Application Code*

Application Code menginisialisasi semua komponen di atas dan melakukan tiga tahapan penting dalam *application code* seperti:

- 1) *Query state object* pada target baru yang terdeteksi atau *marker*.
- 2) *Update* logika aplikasi setiap *input* baru dimasukkan.

3) *Render* grafis yang ditambahkan (*augmented*).

f. *Target Resources*

Target Resources dibuat menggunakan *on-line Target Management System*.

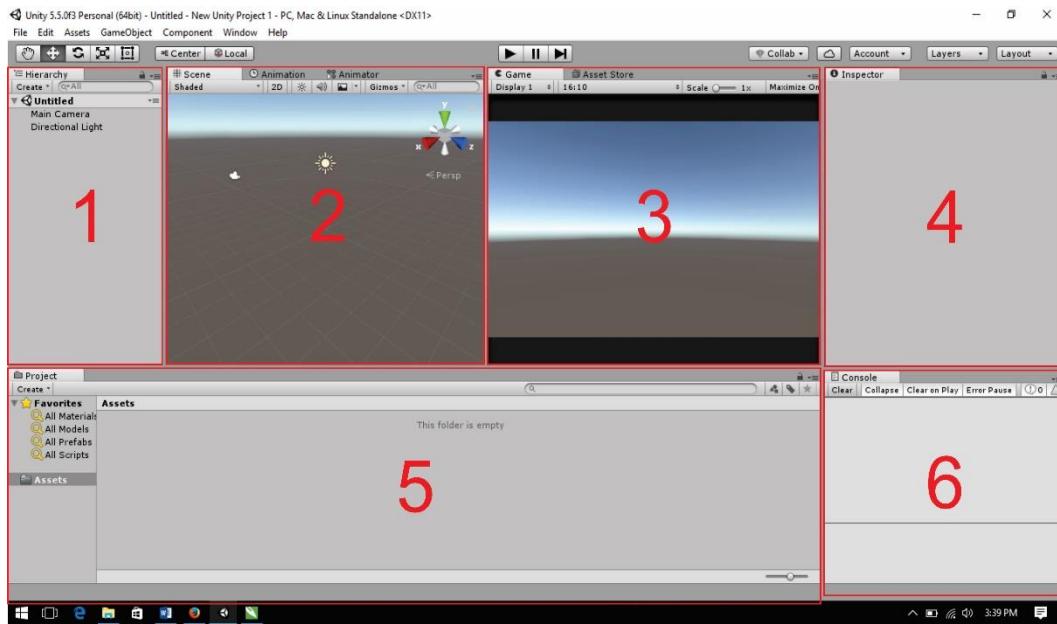
Assets yang diunduh berisi sebuah konfigurasi *xml config.xml* yang memungkinkan pengembang untuk mengkonfigurasi beberapa fitur dalam *trackable* dan *binary file* yang berisi *database trackable*.

3. ***Vuforia Object Scanner***

Vuforia object scanner merupakan aplikasi *android* yang digunakan untuk memindai obyek 3D fisik. *Object scanner* menghasilkan data obyek file yang berisi data sumber yang diperlukan untuk menentukan obyek target di *target manager*. *Vuforia object scanner* juga dapat untuk menghasilkan, menguji dan mengedit *file* data obyek. Hal ini memberikan visualisasi fitur obyek serta cakupan dari target obyek 3D.

E. ***Unity 3D***

Menurut Seno (2014: 2), *unity 3D* merupakan sebuah *game engine*, yaitu *software* pengolah gambar, grafik, suara, *input*, dan lain-lain yang ditujukan untuk membuat *game*. *Unity 3D* merupakan sebuah *game engine* yang dibuat oleh *Unity Technology*. Kelebihan *Unity* dibandingkan dengan *game engine* lainnya adalah kemampuan membuat *game cross platform*. *Game* yang dibuat dengan *Unity 3D* dapat dimainkan di berbagai perangkat, seperti *smartphone* dan *game console*. *Unity* sendiri dapat membuat berbagai macam *game*, seperti *RPG (Role Playing Game)*, *shooter*, *racing*, dan lain sebagainya. Tampilan awal *Unity 3D* disajikan pada Gambar 24 berikut.



Gambar 24. Tampilan Awal Unity 3D

Berikut adalah penjelasan singkat mengenai komponen-komponen yang ada di *Unity 3D*:

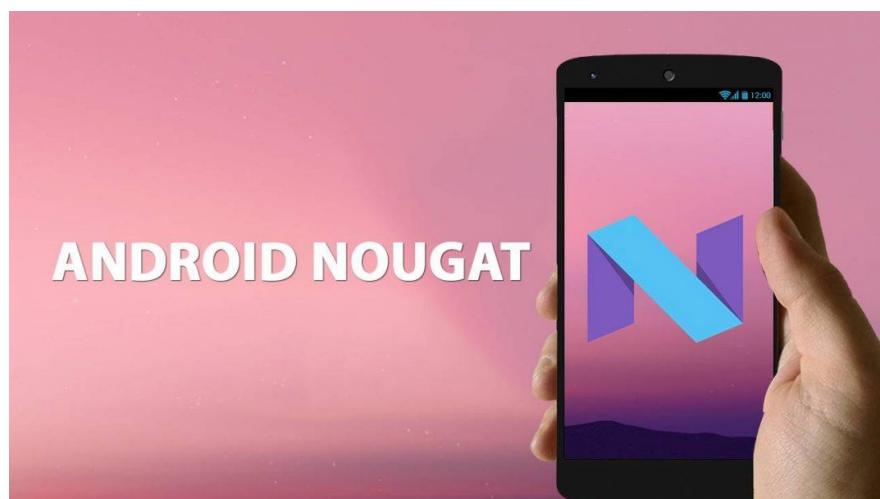
1. *Tab Hierarchy* : pada tab ini berfungsi untuk memasukkan obyek yang akan tampil di game kita.
2. *Tab Scene* : pada tab ini berisi ruangan/tempat dimana kita meletakan komponen seperti Camera, *Terrain*, *Object*, dll. Pada tab ini kita melakukan penempatan atau penggerjaan game secara keseluruhan dengan obyek yang berada di *Tab Assets*.
3. *Tab Game* : tab ini berfungsi sebagai tempat *game* diuji coba, dimana kita dapat menjalankannya dengan mengklik tombol *play*.

4. *Tab Inspector* : pada tab ini digunakan untuk mengedit *property object* yang terdapat di *Tab Hierarchy*. Tab ini juga digunakan untuk menyunting dan menambahkan komponen-komponen obyek, seperti *script*.
5. *Tab Project* : pada tab ini berisi semua bahan-bahan yang akan kita gunakan dalam pembuatan *game* kita, di bagian ini sebagai tempat berbagai macam bentuk komponen seperti *Folder, Animasi, Script, Image, Object3D, Assets, Material*, dan masih banyak lagi.
6. *Tab Console* : pada tab ini adalah tempat penampilan pesan *error* dalam *project* kita, khususnya pada saat pembuatan *script* yang tidak dikenali oleh *system* atau kesalahan-kesalahan dalam pembuatan *script*.

F. Android

Menurut Hermawan (2011: 1), *android* merupakan *OS (Operasi Sistem) mobile* yang tumbuh di tengah *OS* lainnya, seperti: *Windows Mobile, i-Phone OS, Symbian*, dan masih banyak lagi. Menurut Safaat (2012 : 1) *android* adalah sistem operasi *mobile Open Source* berbasis *Linux* yang dikembangkan oleh *Google*. *Android* merupakan sistem operasi *open source* yang dapat dikembangkan oleh banyak orang untuk menciptakan aplikasinya sendiri. Perusahaan telekomunikasi bergabung untuk membangun *android* pertama *open Handset Alliance* pada tanggal 5 November 2007, diantaranya *Nvidia, T-Mobile, Qualcomm, Motorola, Intel, HTC*, dan *Google*. Sejak pertama diluncurkan, *android* telah memiliki banyak versi dengan fiturnya masing-masing. Setiap kemunculan versi *android* yang baru selalu disertai dengan nama makanan, seperti: *Cupcake, Gingerbread, Donat, Ice Cream Sandwich, Jelly Bean, Kitkat, Lollipop, Marshmallow*, dan yang terakhir rilis pada

tanggal 22 Agustus 2016 adalah *Nougat* (Android Versi 7), seperti pada Gambar 25.



Gambar 25. Tampilan *Android Nougat*

G. Pengujian Sistem

Pengujian merupakan metode yang dilakukan untuk menjelaskan mengenai pengoperasian perangkat lunak. Pengujian sistem yang dilakukan adalah pengujian *Betha*. Pengujian ini bersifat objektif dan dilakukan oleh pengguna/*user*. Hasil pengujian *betha* berupa persentase dan dicari dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$Y = \left(\frac{P}{Q} \right) \times 100\% \quad (1)$$

Keterangan :

Y = Nilai persentase

P = Banyaknya jawaban responden tiap soal

Q = Total responden

Pedoman penskoran kuesioner uji *betha* disajikan pada Tabel 4, berikut:

Tabel 4. Pedoman Penskoran Kuesioner

Kategori	Skor
Sangat Tidak Setuju (STS)	1
Tidak Setuju (TS)	2
Setuju (S)	3
Sangat Setuju (SS)	4

Menurut Anwar (2010: 163), rentang skor secara kuantitatif dapat disajikan pada Tabel 5, berikut:

Tabel 5. Rentang Skor (i) Kuantitatif

Rentang skor (i) kuantitatif	Kriteria Kualitatif
$X > (\bar{x}_i + 1.5 SB_i)$	Sangat Baik
$(\bar{x}_i + SB_i) < X \leq (\bar{x}_i + 1.5 SB_i)$	Baik
$(\bar{x}_i - 0.5 SB_i) < X \leq (\bar{x}_i + SB_i)$	Cukup Baik
$(\bar{x}_i - 1.5 SB_i) < X \leq (\bar{x}_i - 0.5 SB_i)$	Sangat Kurang
$X \leq (\bar{x}_i - 1.5 SB_i)$	Sangat Kurang Baik

Keterangan:

X = rata-rata skor tiap butir

$$\bar{x}_i = \text{rata-rata ideal} = \frac{1}{2} (\text{skor tertinggi} + \text{skor terendah})$$

$$SB_i = \text{simpangan baku ideal} = \frac{1}{6} (\text{skor tertinggi} - \text{skor terendah})$$

Berdasarkan Tabel 5, rentang skor kuesioner sesuai dengan Tabel 4 dapat disajikan pada Tabel 6, berikut:

Tabel 6. Rentang Skor Kuesioner

Rentang skor (i) kuantitatif	Kriteria Kualitatif
$X > 3.25$	Sangat Baik
$3 < X \leq 3.25$	Baik
$2.25 < X \leq 3$	Cukup Baik
$1.75 < X \leq 2.25$	Sangat Kurang
$X \leq 1.75$	Sangat Kurang Baik

Ada beberapa faktor yang mempengaruhi kualitas sistem. Faktor yang sering digunakan oleh pengembang *software* adalah faktor *McCall* (Indrajit, 2012:2). Pada dasarnya, *McCall* menitikberatkan faktor-faktor tersebut menjadi tiga aspek penting, yaitu:

1. *Product Operations*

Sifat-sifat operasional suatu *software* berkaitan dengan hal-hal yang harus diperhatikan oleh para perancang dan pengembang yang secara teknis melakukan penciptaan sebuah aplikasi. Hal-hal yang diukur di sini adalah yang berhubungan dengan teknis analisa, perancangan, dan konstruksi sebuah *software*. Faktor-faktor *McCall* yang berkaitan dengan sifat-sifat operasional *software* adalah:

- a. *Correctness*: sejauh mana suatu perangkat lunak memenuhi spesifikasi dan *mission objective* dari *user*.
- b. *Reliability*: sejauh mana suatu perangkat lunak dapat diharapkan untuk melaksanakan fungsinya dengan ketelitian yang diperlukan.
- c. *Efficiency*: banyaknya sumber daya komputasi dan kode program yang dibutuhkan suatu perangkat lunak untuk melakukan fungsinya.
- d. *Integrity*: sejauh mana akses ke perangkat lunak dan data oleh pihak yang tidak berhak dapat dikendalikan.
- e. *Usability*: usaha yang diperlukan untuk mempelajari, mengoperasikan, menyiapkan *input*, dan mengartikan *output* dari perangkat lunak.

2. *Product Revision*

Setelah sebuah *software* berhasil dikembangkan dan diimplementasikan, akan terdapat berbagai hal yang perlu diperbaiki berdasarkan hasil uji coba maupun

evaluasi. Sebuah *software* yang dirancang dan dikembangkan dengan baik, akan dengan mudah dapat direvisi jika diperlukan. Seberapa jauh *software* tersebut dapat diperbaiki merupakan faktor lain yang harus diperhatikan. Faktor-faktor *McCall* yang berkaitan dengan kemampuan *software* untuk menjalani perubahan adalah:

- a. *Maintainability*: usaha yang diperlukan untuk menetapkan dan memperbaiki kesalahan dalam program.
- b. *Testability*: usaha yang diperlukan untuk menguji program untuk memastikan bahwa program melaksanakan fungsi yang ditetapkan.
- c. *Flexibility*: usaha yang diperlukan untuk memodifikasi program operasional.

3. *Product Transition*

Setelah integritas *software* secara teknis telah diukur dengan menggunakan faktor *product operational* dan secara implementasi telah disesuaikan dengan faktor *product revision*, faktor terakhir yang harus diperhatikan adalah faktor transisi, yaitu bagaimana *software* tersebut dapat dijalankan pada beberapa *platform* atau kerangka sistem yang beragam. Faktor-faktor *McCall* yang berkaitan dengan tingkat adaptibilitas *software* terhadap lingkungan baru:

- a. *Portability*: usaha yang diperlukan untuk memindahkan program dari perangkat keras / lingkungan sistem perangkat lunak tertentu ke yang lainnya.
- b. *Reusability*: tingkat kemampuan program / bagian dari program yang dapat dipakai ulang dalam aplikasi lainnya, berkaitan dengan paket dan lingkup dari fungsi yang dilakukan oleh program.
- c. *Interoperability*: usaha yang diperlukan untuk menggabungkan satu sistem dengan yang lainnya.