

MONOGRAF

DESAIN MEKANISME *SERIOUS GAME* PENGOLAHAN TANAH MENGUNAKAN BAJAK SINGKAL UNTUK MENDUKUNG *SMART FARMING* INDONESIA



Anang Kukuh Adisusilo
Emmy Wahyuningtyas
Nia Saurina

2021

Penerbit
UWKS PRESS



KATA PENGANTAR

Model pelatihan tidak hanya cukup dengan teknologi komputer dan model *virtual* karena dalam model pembelajaran pengguna harus terlibat aktif dan berinteraksi dengan lebih leluasa untuk mendapatkan suatu pengalaman belajar. Pengembangannya model simulasi *virtual* yang mampu memberi kebebasan dalam berinteraksi aktif sering disebut *serious game*, yang merupakan sebuah permainan dengan tujuan khusus bukan hanya untuk kesenangan, tetapi juga untuk media pembelajaran, dengan menyatukan unsur *experience* serta kebebasan emosi secara aktif dalam permainannya. *Serious game* dapat dimanfaatkan dalam berbagai sektor, seperti industri, kesehatan dan juga pertanian. Sektor pertanian di Indonesia merupakan sektor strategis untuk mewujudkan kemandirian ekonomi, sehingga Direktur Jenderal Pembangunan Daerah Tertinggal meluncurkan *Smart Farming* dengan konsep yang disebut sebagai *precision agriculture* atau bertani dengan cara yang tepat. Pengolahan tahap pertama secara umum menggunakan jenis bajak singkal, dengan tenaga penarik hewan atau mesin. Bajak bermesin yaitu berupa bajak dengan mesin traktor sekarang ini banyak digunakan oleh petani, bahkan sudah menjadi mitra petani. Kendala yang sering terjadi adalah masih kurangnya operator yang bisa menjalankan bajak tersebut dengan tepat, hal tersebut dikarenakan media pelatihan yang masih minim dan masih tradisional. Sehingga perlu menggantikan media pelatihan secara tradisional menggunakan teknologi komputer atau sering disebut *computer based training*.

Buku monograf ini berisi tentang desain media pelatihan pengolahan tanah menggunakan bajak singkal dalam bentuk desain mekanisme *serious game*, untuk mendukung *Smart Farming* di Indonesia sehingga bertani dengan tepat. Penelitian direncanakan dicapai dalam 3 tahun, dimana untuk tahun pertama penelitian ini meliputi pencarian data dengan alat simulasi membajak atau *soil bin*, dengan membuat variasi pada jenis tanah, parameter pembajakan dan jenis mata bajak singkal. Data yang diperoleh, dianalisa untuk mendapatkan model matematis, sehingga akan digunakan dalam proses algoritma dalam sistem *serious game*. Alur permainan dibuat konsep *gameplay* dan skenario yang terintegrasi sehingga terbentuk karakteristik dan konsep pedagogi.

Sebagai akhir kata, tentu saja tim peneliti menerima kritik dan saran guna perbaikan materi agar lebih baik lagi untuk melanjutkan ke tahap selanjutnya dari penelitian di tahun ke-2 dan tahun ke 3.

Surabaya, 2021

Tim Peneliti/Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	ii
DAFTAR GAMBAR	iii
DAFTAR TABEL	v
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar belakang	1
1.2 Rumusan masalah	2
1.3 Tujuan khusus	2
1.4 Kontribusi penelitian	3
1.5 Luaran penelitian	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 <i>Serious Game</i>	4
2.2 <i>Pedagogy</i> dalam <i>Serious Game</i> .	5
2.3 <i>Play</i> dalam <i>Serious Game</i>	8
2.4 <i>Fidelity</i> dalam <i>Serious Game</i>	11
2.5 <i>Optimasi Multi-objective</i>	11
2.6 Tanah	13
2.6.1 Klasifikasi tanah.	13
2.6.2 Sifat fisik tanah	16
2.6.3 Sifat mekanis tanah.	20
2.6.4 Pengolahan Tanah.	22
2.6.5 Pengolahan Tanah Dengan Bajak Singkal.	24
2.6.6 Mekanisme Pengolah Tanah Sederhana	28
BAB 3 METODE PENELITIAN	31
BAB 4 HASIL PERCOBAAN SOIL BIN	33
4.1 Pengambilan Data Tanah	33
4.1.1 Persiapan Peralatan Pendukung Uji Soil Bin.	34
4.1.2 Persiapan Tanah Uji.	38
4.1.3 Kalibrasi Soil Bin.	39
4.1.4 Menjalankan Uji Soil Bin (<i>Running Soil Bin</i>).	40
BAB 5 ANALISA DATA	43
5.1 Analisa Porositas Tanah	43
5.2 Analisa Gaya tarik bajak singkal.	46
BAB 6 DESAIN MEKANISME <i>SERIOUS GAME</i> PENGOLAHAN TANAH	51
6.1 Immersifitas Dalam Mekanisme <i>Serious Game</i> Pengolahan Tanah	52
6.2 Alur Permainan	52
6.3 Desain <i>Serious Game</i> Menggunakan HFSM	55
6.4 Desain Mekanisme SG Pengolahan Tanah Dalam Konsep Pembelajaran.	60
6.5 Desain Karakteristik Mekanisme Permainan	62
6.6 Desain Karakteristik Mekanisme Pembelajaran	64
6.7 Desain Arsitektur Sistem <i>Serious Game</i> Pengolahan Tanah Dengan Bajak Singkal	67
KESIMPULAN	71
BIOGRAFI PENULIS	72
Daftar Pustaka	73

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 Alur penelitian pada tahun 1	3
Gambar 2.1 Kerangka dasar desain <i>serious game</i>	5
Gambar 3.2 Model experiential learning	8
Gambar.2.3. Posisi pencarian pada MOPs (AL Jaimes, et al, 2011)	13
Gambar. 2.4. Grafik kekuatan geser tanah.	20
Gambar 2.5. Hubungan kekuatan geser.	21
Gambar 2.6. Bagian bajak singkal satu <i>bottom</i> .	25
Gambar 2.7. Pemotong stasioner (<i>stationary knife</i>) dan pisau pemotong berputar (<i>rolling coulter</i>).	27
Gambar 2.8. Alat pengolahan tanah sederhana	28
Gambar 2.9. Gaya-gaya yang berkerja pada tanah dengan alat pengolah tanah.	29
Gambar 3.1. Metode penelitian	31
Gambar.3.2 Parameter pengujian dengan <i>soil bin</i>	32
Gambar.3.3 Kotak tanah dan rangka besi sebagai pendukung dalam percobaan <i>soil bin</i>	34
Gambar.3.3 Jenis bajak yang digunakan dalam percobaan <i>soil bin</i> , (a) Tipe bajak A, (b) Tipe bajak B, (c) Tipe bajak C	35
Gambar.3.4 (a). <i>Strain gauge</i> [xx], (b) Posisi pemasangan <i>strain gauge</i> pada batang besi bajak singkal dalam percobaan <i>soil bin</i> .	36
Gambar.3.5 Perangkat mikrokontroler dalam percobaan <i>soil bin</i> .	36
Gambar.3.7 (a).Jembatan <i>wheatstone</i> , (b). <i>Strain amplifier</i> dalam percobaan <i>soil bin</i> .	37
Gambar.3.8 (a).peralatan <i>soil bin</i> , (b). Letak <i>strain gauge</i> , (c). Tanah pada kotak dan kedalaman bajak singkal.	38
Gambar.3.9 Persiapan tanah uji dan dilakukan penyiraman selama tiga sampai empat minggu pada percobaan <i>soil bin</i>	39
Gambar.3.10 Alur <i>running</i> uji coba pada percobaan <i>soil bin</i>	40
Gambar.3.11 (a). Kotak tanah pada lajur uji <i>soil bin</i> , (b). Contoh hasil uji setelah tanah dibajak dengan bajak singkal, (c). Data dari <i>strain gauge</i> terlihat di komputer, pada saat <i>running soil bin</i>	41
Gambar 5.1. Code phyton multi linear regresion dengan model <i>Ordinary Least Squares</i> (OLS), untuk mencari model porositas tanah	44
Gambar 5.2. Hasil code phyton multi linear regresion dengan model <i>Ordinary Least Squares</i> (OLS), untuk mencari model porositas tanah	45
Gambar 5.3. Grafik hasil perbandingan <i>soil bin</i> dengan model porositas tanah	46.
Gambar 5.4. Code phyton multi linear regresion dengan model <i>Ordinary Least Squares</i> (OLS), untuk mencari model gaya tarik bajak.	48
Gambar 5.5. Hasil code phyton multi linear regresion dengan model <i>Ordinary Least Squares</i> (OLS), untuk mencari model gaya tarik bajak.	50
Gambar 5.6. Grafik hasil perbandingan <i>soil bin</i> dengan model gaya tarik bajak.	50
Gambar 6.1 Klasifikasi ISG untuk pengolahan tanah dengan bajak singkal.	53
Gambar 6.2 Alur permainan untuk pengolahan tanah dengan bajak singkal.	54
Gambar 6.3 HFSM <i>Serious Game</i> untuk pengolahan tanah menggunakan bajak singkal	58

Gambar 6.4 Desain mekanisme permainan dan pedagogi <i>serious game</i> untuk pengolahan tanah dengan bajak singkal.	60
Gambar 6.5 Desain karakteristik mekanisme permainan <i>serious game</i> untuk pengolahan tanah dengan bajak singkal.	61
Gambar 6.6 Desain karakteristik mekanisme pembelajaran <i>serious game</i> untuk pengolahan tanah dengan bajak singkal.	65
Gambar 6.7 Desain user interfaces <i>serious game</i> pengolahan tanah dengan bajak singkal	66
Gambar 6.8 Arsitektur sistem <i>serious game</i> pengolahan tanah dengan bajak singkal	67

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Permeabilitas Tanah [53].	19
Tabel.3.1. Tahapan penelitian tahun pertama.	32
Tabel 3.2. Hasil uji <i>soil bin</i>	42
Tabel 5.1. Hasil uji soil bin terhadap perubahan porositas tanah	43
Tabel 5.2. Hasil uji model Persamaan (5.1)	46
Tabel 5.3. Hasil uji soil bin terhadap perubahan gaya tarik bajak	47
Tabel 5.4. Hasil uji model Persamaan (5.2) gaya tarik bajak singkal	49
Tabel 6.1. Model matrik payoff/oucomes <i>serious game</i> .	55
Tabel 6.2 Matrik <i>payoff/outcomes</i> berdasarkan hasil percobaan <i>soil bin</i>	57

BAB 1 PENDAHULUAN

1.1 Latar belakang

Serious game merupakan sebuah permainan yang digunakan bukan hanya untuk kesenangan atau unsur menghibur, tetapi juga untuk media pembelajaran, menyampaikan pengetahuan dan untuk mendidik, dengan menyatukan unsur experience dan kebebasan emosi pemain dengan aktif bermain [1]–[3]. Sehingga dalam pemanfaatannya bisa digunakan dalam berbagai sektor termasuk sektor pertanian, seperti di Indonesia yang sudah memulai untuk mencanangkan smart farming [4], pemanfaatan *serious game* sebagai media pembelajaran sangat diperlukan untuk mendukung keberhasilannya untuk mewujudkan precision agriculture atau cara bertani yang tepat. Cara bertani yang tepat ini bukan hanya ketika proses menanam, pengolahan hasil dan pemasaran, tetapi juga proses pra-produksi, yaitu pengolahan tanah. Jika dalam pengolahan tanah sudah tepat maka akan menghasilkan media tanam yang tepat dan sesuai dengan kebutuhan tumbuh kembang tanaman, sehingga akan meningkatkan hasil pertanian.

Pengolahan tanah tahap pertama di Indonesia secara umum menggunakan jenis bajak singkal, dengan tenaga hewan atau mesin. Peningkatan teknologi pengolah tanah pertanian seperti bajak singkal dan penerapannya di Indonesia masih relatif rendah selain karena biaya yang mahal dan karena kemampuan operator yang kurang, disebabkan oleh rendahnya tingkat pendidikan para petani di Indonesia [5], sehingga menyebabkan kurang pengetahuan tentang cara mengelola dan memelihara mesin pertanian, selain itu juga jumlah penyuluh pertanian yang kurang [6]. Peningkatan pengetahuan bisa dilakukan dengan memberi berbagai pelatihan, tetapi untuk pelatihan mesin pertanian masih dilakukan secara tradisional dengan ketersediaan peralatan yang terbatas. Dalam era teknologi, media pelatihan dan pembelajaran secara tradisional sudah mulai digantikan dengan menggunakan teknologi komputer atau sering disebut computer based training [7], [8]. Beberapa penelitian tentang *serious game* untuk alat dan mesin pertanian, seperti *serious game* untuk pelatihan mengemudi peralatan pertanian karena jika pelatihan secara tradisional memerlukan biaya pelatihan yang tinggi, efisiensi rendah dan risiko kecelakaan juga tinggi [9]. Penelitian lain yang merupakan bentuk *serious game*, seperti penelitian tentang pengaruh lintasan mesin pertanian terhadap tanah [10] dan desain bentuk optimal bajak singkal [11]. Simulasi virtual mesin pertanian menggunakan teknologi interaktif 3d, teknologi web dinamis dan teknologi

database [12], juga model porositas tanah untuk desain immersive *serious game* pengolahan tanah menggunakan bajak singkal [13], [14].

Pada penelitian ini bertujuan untuk mengatasi kurangnya media pelatihan bagi para petani terutama untuk pengolahan tanah menggunakan bajak singkal, sehingga operator mesin bajak singkal setelah menggunakan media *serious game* bisa menerapkannya dan menghasilkan media tanam yang tepat. Media pelatihan yang akan diteliti yaitu desain mekanisme *serious game* dengan fokus pada jenis bajak singkal dan jenis tanah di Indonesia. Keberhasilan penelitian ini bisa berdampak besar bagi perkembangan produksi pertanian di Indonesia, karena sebagai pendukung untuk mempersiapkan sumber daya manusia petani dalam mempersiapkan lahan pertanian, selain itu dengan perkembangan smart farming yang sudah dicanangkan pemerintah, persiapan SDM melalui media berbasis TIK yaitu *serious game* akan mendukung terciptanya smart farming di Indonesia.

Dari sisi skema penelitian dasar akan menghasilkan konsep dasar dari TIK khususnya dalam teknologi *serious game* yang bertujuan khusus sebagai media pelatihan bukan hanya sekedar hiburan, formulasi dan konsep sistem akan dibuat dalam bentuk model berbasis kecerdasan buatan, yang dalam kurun waktu penelitian dibuktikan melalui purwarupa yang sudah terintegrasi dalam sebuah mekanisme *serious game*.

1.2 Rumusan masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan secara umum permasalahannya adalah, kurang pengetahuan tentang cara mengelola dan memelihara mesin pertanian, selain itu juga jumlah penyuluh pertanian yang kurang, sehingga dalam penelitian tahun pertama ini perumusan masalah yang dihadapi adalah sebagai berikut:

- Bagaimana merancang sebuah media pembelajaran dengan menggunakan teknologi berbasis IT untuk memberikan pelatihan bagi petani dalam mengolah tanah.
- Bagaimana menghasilkan model untuk proses algoritma *serious game* pengolahan tanah.
- Bagaimana merancang mekanisme *serious game* untuk pelatihan pengolahan tanah menggunakan bajak singkal berbasis teknologi IT.

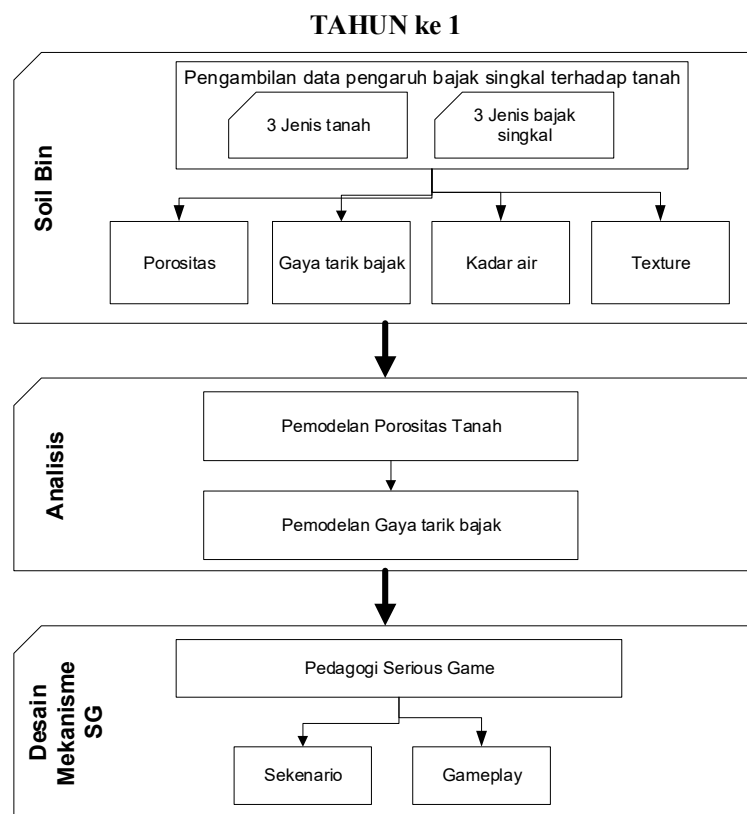
1.3 Tujuan khusus

Pada penelitian tahun pertama ini tujuan khususnya adalah :

- Melakukan percobaan menggunakan alat soil bin, sehingga menghasilkan data untuk merancang model matematis yang digunakan dalam proses komputasi.
- Membuat perancangan mekanisme serious game berdasarkan model matematis yang diperoleh dari data percobaan menggunakan *soil bin*.

1.4 Kontribusi penelitian

Kontribusi dari penelitian ini adalah: dirancangnya satu sistem secara menyeluruh untuk serious game untuk pengolahan tanah pertanian dengan menggunakan bajak singkal. Dari detail penelitian yang akan dilakukan, Gambar 1.1 menunjukkan alur penelitian pada tahun 1 dan penemuan baru dari penelitian.



Gambar 4 Alur penelitian pada tahun 1

1.5 Luaran penelitian

Pada penelitian tahun pertama luaran yang dihasilkan adalah :

- a. Buku Monograf yang ber ISBN
- b. Seminar Internasional bereputasi
- c. Jurnal internasional bereputasi

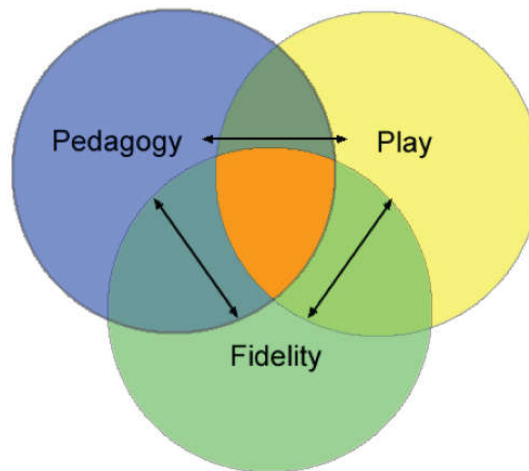
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

2.1 *Serious Game*

Serious game merupakan sebuah *game* yang digunakan bukan hanya untuk diri sendiri atau untuk kesenangan dalam bermain, tetapi juga untuk media mengajar, menyampaikan informasi dan untuk mendidik, dengan menyatukan unsur *experience* dan memberi kebebasan emosi yang mengharuskan pengguna aktif dalam permainannya [1]. Sebagai contoh *game* yang telah sukses sebagai media mengajar lebih dari 10 tahun, yaitu dibidang geologi. *Serious game* tersebut berfungsi untuk melatih mahasiswa tentang pemahaman tentang revolusi industri, dengan menjadikan pemain sebagai manajemen untuk mengatur kota yang diikuti berbagai masalah dalam pembangunan perkotaan tersebut termasuk perkembangan di bidang industri dalam perencanaan perusahaan. Desain *serious game* berdasar minat masyarakat dalam permainan video *game*, sehingga menarik bagi pengguna. Oleh karena itu, dalam *Serious Game* merupakan definisi lebih luas dari "*Game*", karena setiap bagian dari perangkat yang dibuat bukan hanya bertujuan untuk hiburan (serius) dengan strukturnya adalah *game* (permainan) [15]. Permainan tidak hanya berfungsi untuk menghibur, tetapi terdapat unsur imajinatif dan memberikan pengetahuan. Disebut *serious game*, bukan karena tidak ada fungsi bermainnya, tetapi permainan yang digunakan dengan cara *pedagogic* untuk politik, sosial, pemasaran, ekonomi, lingkungan atau tujuan yang lainnya [16].

Desain model *serious game* dengan tujuan bahwa pemain harus merasa bahwa dengan bermain *game* akan mendapat pengetahuan yang diperoleh dari konsekuensi ketika bermain [3], sehingga *serious game* tidak membosankan. Dalam dasar desain *serious game* yang menjadi domain utama adalah *pedagogy* yang mengutamakan desain untuk tujuan pembelajaran, *play* yang mengutamakan desain permainan yang tidak membosankan dan

fidelity yang mengutamakan desain simulasi yang sama dengan kenyatannya [17], seperti Gambar 2.1.



Gambar 5.1 Kerangka dasar desain *serious game* [17].

2.2 *Pedagogy dalam Serious Game.*

Beberapa tahun terakhir semakin banyak literatur yang telah menuliskan pentingnya dasar desain *serious game* dan strategi pembelajaran berbasis permainan dengan strategi pembelajaran yang benar dan teori pedagogis [18]. Desain *serious game* sebagai contoh desain pembelajaran harus didukung oleh dasar konsep yang jelas tentang bagaimana cara belajar dan apa arti pentingnya belajar [19]. Untuk mendukung desain *serious game* beberapa teori dan hasilnya telah dinyatakan dari berbagai penelitian, untuk menjelaskan proses pembelajaran yang terjadi dalam permainan.

Pada tingkat yang paling dasar, dinyatakan bahwa beberapa permainan, seperti *casual game* memungkinkan pemain untuk memperoleh pengetahuan dan keterampilan praktek dari lingkungan permainan yang menarik berdasarkan prinsip *behaviourist* [18]. Menurut sudut pandang *epistemologi*, kemampuan dapat diukur dari hasil perilaku belajar [20], dimana pengetahuan adalah sebuah konsep abstrak yang substansinya adalah dengan bermain dan belajar dari pengalaman yang dilihat sebagai proses masing-masing orang ketika transfer informasi antara permainan dan pemain [21].

Sumber perilaku pemain adalah penekanan dan model praktek, dengan pola pengulangan memperkuat respon stimulus kemudian terjadi perubahan kebiasaan dan perilaku [22]. Untuk menciptakan hal tersebut banyak *casual game* memberikan pemain pilihan terbatas untuk proses pengulangan dan praktek dalam lingkungan virtual dan

memberikan sebuah umpan balik untuk pendalaman (*reinforcement*) [23]. Teori pedagogis digunakan untuk mendukung implementasi dan desain, sebagai peningkatan media pembelajaran. Pendekatan teoritis untuk pembelajaran, secara konstruktivisme bertumpu pada asumsi epistemologis bahwa pengetahuan dan keterampilan yang dibangun oleh peserta didik disebabkan oleh usaha untuk memahami pengalaman yang telah dilalui [24]. Prinsip dasar konstruktivisme adalah pentingnya menciptakan keaslian di lingkungan belajar, seperti keadaan sebenarnya. Dari sudut pandang tersebut banyak permainan digital yang kompleks misalnya *role-playing game* dan *multiplayer games* berusaha menciptakan keaslian tersebut, bahkan memungkinkan bagi pemain untuk mengalami situasi yang mungkin tidak dapat didapatkan secara langsung secara nyata. Sehingga melalui permainan dapat disediakan lingkungan otentik dan menarik untuk mengembangkan keterampilan dan membantu pemecahan masalah, pengambilan keputusan, meningkatkan keterampilan sosial dan sebagainya.

Dengan keadaan yang kompleks dari sifat konstruktivisme pembelajaran dan pentingnya desain *serious game* untuk membantu menjelaskan bagaimana cara belajar, terdapat tiga hal tentang konstruktivisme yang secara umum digunakan untuk membuat konsep pembelajaran berbasis permainan yang merupakan bagian desain *serious game* [17].

a. *Situated Learning*

Proses pembelajaran yang efektif terletak dari kondisi lingkungan yang mendukung dengan suatu kegiatan yang melibatkan keadaan sosial dan fisik dari peserta didik. Sehingga pengetahuan dan pembelajaran harus situasional, baik secara fisik maupun sosial untuk mencapai tujuan belajar. Peserta didik diusahakan agar sedekat mungkin dengan situasi yang mendukung tujuan pembelajaran. Dengan keadaan tersebut, seseorang bisa memperoleh pengetahuan konseptual tetapi mereka mungkin tidak dapat menerapkannya dalam kehidupan nyata, sehingga keadaan ini diintegrasikan antara pengetahuan deklaratif ('mengetahui bahwa') dengan pengetahuan prosedural ('mengetahui bagaimana') ke dalam satu bentuk kerangka pedagogis [24].

Berkaitan dengan *serious game*, dapat digunakan sebagai media yang menawarkan kesempatan yang lebih luas kepada pemain untuk belajar. Didalam dunia virtual seperti permainan memungkinkan pemain untuk hanyut dalam permainan dan aktif secara mendalam, tanpa hambatan dan risiko dari dunia nyata. Seperti game *multiplayer (massively multiplayer online games (MMOGS))*, memberikan peluang baru bagi pemain untuk terlibat lebih luas dalam praktek di masyarakat [25]. Dalam *serious game*, banyak penelitian yang

menghasilkan terjadinya proses transfer pengetahuan yang cepat ke dunia nyata dengan membuat hubungan antara *game* dengan refleksi lingkungan nyata dan keadaan sebenarnya [26].

b. *Problem-Based Learning*

Problem base learning (PBL) digunakan untuk memfasilitasi pengembangan keterampilan dengan menggeser fokus mengajar secara tidak aktif ke cara belajar yang mengharuskan siswa berpartisipasi aktif dalam berbagai pemecahan masalah [27]. PBL merupakan suatu strategi pengajaran dimana siswa secara aktif dihadapkan pada masalah kompleks dalam situasi yang nyata. Untuk menjalankan metode PBL, peserta didik harus memahami masalah, merumuskan pertanyaan sebagai tanggapan, mengidentifikasi dan memperoleh informasi yang relevan serta menggunakan informasi ini untuk menjawab pertanyaan dan memecahkan masalah yang dihadapi. Melalui suatu bentuk kegiatan, peserta didik didorong untuk mengembangkan ketrampilan lebih tinggi seperti *problemsolving*, pengambilan keputusan dan berfikir kritis [27], [28].

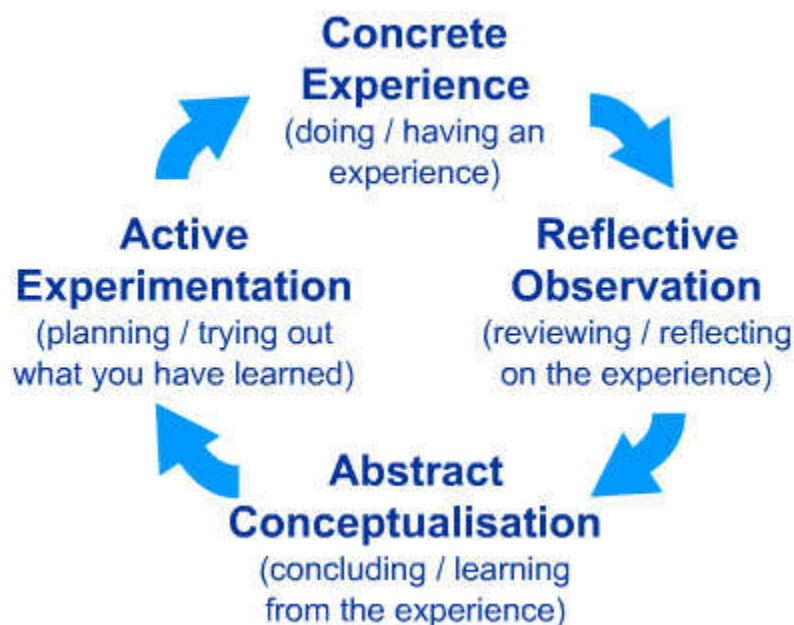
Berhubungan dengan *serious game*, PBL digunakan sebagai dasar desain dalam bentuk tujuan atau misi sehingga pemain berusaha untuk mencapai tujuannya [29]. Strategi PBL dalam *serious game* dapat mencakup berbagai tingkat yaitu: permainan *single-player* yang membutuhkan pemain untuk menyelesaikan tugas-tugas secara linear, *massively multiplayer* dimana pemain menghadapi berbagai masalah dengan beberapa skenario pengambilan keputusan. Dalam semua kasus, *game* dapat dilihat sebagai beberapa masalah yang kompleks [30], [31]. Untuk tujuan pendidikan, *serious game* dibuat dengan lebih realistis dengan lingkungan tiga dimensi (3D), sehingga lingkungan lebih nyata dan bisa mewakili dari keadaan sebenarnya.

c. *Experiential Learning*

Experiential learning merupakan model pembelajaran yang diharapkan dapat terciptanya proses belajar yang lebih bermakna, dimana peserta didik mengalami apa yang mereka pelajari. Belajar tidak hanya tentang konsep materi, tetapi siswa dilibatkan secara langsung untuk dijadikan sebagai suatu pengalaman. Proses pembelajaran *experiential learning* tidak hanya menekankan aspek kognitif, pengetahuan yang tercipta dari model ini merupakan perpaduan antara memahami dan mentransformasi pengalaman. Beberapa model *experiential learning* telah diusulkan, seperti menurut model Kolb, belajar adalah proses siklus yang terdiri dari empat tahap utama. Dimulai dari *concrete experience* yaitu pengalaman langsung baik secara pribadi atau kelompok, *reflecting observation* yaitu

menggali individu untuk mengkomunikasikan sebagai observasi hasil pembelajaran dari pengalaman yang didapat, *abstract conceptualisation* yaitu menggambarkan kesimpulan dan kaitan antara keadaan sebelumnya dengan keadaan terkini sesudah melakukan observasi dan *active experimentation* yaitu aktif dalam menerapkan hasil pembelajaran yang dialaminya [17], [32], seperti Gambar 2.2.

Mendesain *game* dengan memaksimalkan potensi pengalaman belajar adalah hal yang sulit, tetapi dalam *serious game* yang berdasar pada keadaan nyata akan lebih realistis dan lebih otentik untuk membangkitkan pengalaman pemain seperti keadaan sebenarnya [33]. Asumsi tersebut masuk akal karena dengan keadaan seperti itu *serious game* akan bisa sedekat mungkin sesuai dengan keadaan sebenarnya. Namun dalam berbagai penelitian penyederhanaan sering diperlukan untuk menghindari kognitif yang berlebihan dengan tujuan memaksimalkan fungsi pembelajaran dan keterlibatan pemain dalam permainan [17].



Gambar 6.2 Model *experiential learning* [17]

2.3 *Play dalam Serious Game*

Dalam sebuah permainan terdapat tantangan yaitu suatu keadaan dimana pemain diijinkan mengambil berbagai tindakan untuk mengatasi tantangan dalam permainan tersebut. Dalam *serious game* dengan tujuan bukan hanya sekedar untuk hiburan tetapi juga memberikan informasi yang mendidik sehingga dimasukkan unsur tersebut dalam desainnya. Banyak yang meneliti berbagai macam cara untuk mewujudkan hal tersebut,

seperti dinyatakan bahwa kunci dasar untuk efektifitas *serious game* adalah bisa memberi keseimbangan antara sisi bermain dan pedagogi [34], [35]. Teori dasar desain *game* dinyatakan bahwa *engagement*, *motivation* dan *flow* dengan cepat muncul didalam virtualisasi yang berhubungan dengan konsep immersifitas [36], [37].

Pemain *game* sering menghabiskan berjam-jam bermain dan mengulang permainan yang sama sehingga menghabiskan banyak waktu itulah yang disebut *engagement*. Mereka menghabiskan banyak waktu dan energi dalam menguasai aturan permainan dan strategi dari permainan yang rumit [38]. Kekuatan *game* untuk memotivasi, membuat pemain terlibat dan dihubungkan dengan motivasi belajar yang efektif telah mendorong banyak pendidik untuk menggali potensi dalam pembelajaran [17], [30], [39], [40].

Motivasi dari dalam peserta didik atau secara intrinsik adalah motivasi yang baik, karena secara sadar mereka sendiri akan terus belajar dan menghadapi berbagai kegagalan, sehingga memunculkan kreativitas dalam kinerja [22]. Dalam permainan meskipun awalnya hanya bermain dan bersenang-senang akan membatu orang dalam berkonsentrasi, karena lingkungan sekeliling terasa hilang [41]. Karena begitu asyik dalam aktivitas, dan dengan sedikit pengetahuan bisa menyebabkan hilangnya konsentrasi terhadap lingkungan sekitar. Selain itu, dengan adanya *reward* dari sebuah kegiatan, dalam hal ini adalah permainan akan menambah motivasi intrinsik dari pemainnya [17].

Flow experience menekankan pada keseimbangan antara tingkat keterampilan individu dan kesulitan dari tantangan dalam permainan. Keseimbangan permainan tersebut harus dipertahankan sehingga pemain akan terus ikut dalam irama permainan, selama permainan umpan balik yang jelas harus dan dengan cepat disediakan sehingga dapat diketahui tingkat keberhasilan dari permainan. Sementara itu secara umum diakui bahwa immersifitas adalah faktor terpenting untuk memfasilitasi terbentuknya *flow experience* [36], [42].

Konten yang menyenangkan atau fantasi, kontrol, tantangan dan rasa ingin tahu adalah fitur utama dari motivasi intrinsik pemain yang kemudian disempurnakan oleh penelitian dengan menambahkan kolaborasi dan kompetisi [43]. Faktor-faktor penting untuk terciptanya keterlibatan total pemain dalam permainannya adalah aturan yang jelas dalam bermain, tantangan yang terus menerus serta adanya kompetisi, tujuan yang jelas dan *objective*, upan balik langsung dan cepat, serta alur cerita yang *immersive* [39]. Penelitian lain juga menyebutkan suatu model desain "*gameflow*" yang menguraikan delapan inti dari unsur permainan untuk mencapai tujuan kesenangan pemain yaitu tantangan, keterampilan,

kontrol, kejelasan, tujuan, umpan balik, *immersive* dan sosial [44]. Sebagai teknologi maju, keterlibatan desain *game* dan cara memotivasi pemain juga dikembangkan, seperti *framework* dengan memasukkan narasi (*narrative*), posisi pemain (*player positioning*) dan desain interaktif (*interactive design*) digunakan sebagai strategi dalam pengembangan permainan [45].

a. *Player positioning*

Posisi pemain mengacu dari posisi di dalam dunia virtual, dimana kamera diumpamakan posisi mata pemain atau karakter *game*. Dengan sudut pandang orang ketika yaitu pemain bisa melihat dan merasa seperti karakter di layar akan memungkinkan pemain untuk menjadi lebih mendalam di dalam dunia *game* [37], [46].

b. *Narrative*

Narasi dalam desain *game* dilihat sebagai komponen arsitektur yang bukan hanya sekedar alur cerita atau pendongen, tetapi sebuah arsitektur cerita yang secara perpektif permainan menyajikan sebuah bingkai cerita yang merupakan interaksi antara pemain dan permainan, dan konseptualisasi dari narasi adalah "*environmental storytelling*" di mana narasi adalah gagasan mencakup semua hal dan gambaran besar dunia *virtual* yang sedang dibuat [47]. Narasi dalam desain *game* dilihat sebagai komponen arsitektur yang bukan hanya sekedar alur cerita atau pendongen, tetapi sebuah arsitektur cerita yang secara perpektif permainan menyajikan sebuah bingkai cerita yang merupakan interaksi dari pemain dan permainan, dan konseptualisasi dari narasi adalah "*environmental storytelling*" di mana narasi adalah gagasan mencakup semua hal dan gambaran besar dunia *virtual* yang sedang dibuat [47]. Dengan narasi desain *game* menyampaikan banyak cerita melalui berbagai elemen dalam fisik ruang permainan, seperti warna , pencahayaan , tekstur , karakter dan alat peraga . Dengan cara ini , pemain diajak untuk mengeksplorasi dan menemukannya. Hal penting adalah pemain merasa memegang kendali , meskipun desainer telah mengatur lingkungan permainan dan tantangan bagi desainer adalah untuk bisa melibatkan pemain di narasi sehingga menambah keinginan untuk nermain *game* [45].

c. *Interactive Design.*

Interaksi merupakan representasi fisik karakter dalam *game* (*player* dan *non-player character* (NPC)) serta dialog karakter secara signifikan berdampak pada immersifitas pemain dan keterlibatan pemain [37], [45], sehingga pemain dapat mengidentifikasi dengan karakter yang sesuai untuk membuat ikatan psikologis [48]. Hal lain interaksi pemain dan permainan melalui instruksi, tantangan, umpan balik, merupakan bagian membangkitkan

motivasi pemain. Pendapat lain menyatakan interaksi merupakan sebuah kaitan (*hooks*), dimana kaitan tersebut diklasifikasikan menjadi 4, yaitu : (1) Kaitan dengan tindakan, seperti pencarian atau misi, (2) Kaitan dengan sumber daya seperti amunisi dan dana, (3) Kaitan dengan taktis dan strategi, seperti keputusan mengenai alokasi sumber daya atau strategi dan (4) Kaitan waktu, seperti pembatasan waktu permainan [45]. Munculnya teknologi terkini meningkatkan peluang untuk membuat dunia *virtual* lebih realistis sehingga meningkatkan immersifitas permainan karena pemain merasa menjadi bagian dari dunia nyata [9]. Dengan perkembangan grafis untuk visualisasi yang mendekati keadaan sebenarnya, dapat digunakan untuk mendukung perkembangan *serious game* dalam hal pendidikan, dengan keyakinan bahwa replikasi dunia nyata dalam bentuk *virtual* akan meningkatkan transfer pengetahuan dari dunia maya ke dalam keadaan sebenarnya.

2.4 Fidelity dalam Serious Game

Dalam desain *serious game*, konsep kesetiaan (*fidelity*) mengacu pada sejauh mana permainan mengemulasi dunia nyata [49]. Terdapat dua tingkat *fidelity*, yang pertama yaitu secara fisik mengacu sejauh mana lingkungan game terlihat, terdengar dan terasa seperti nyata, jadi *fidelity* fisik dari permainan adalah ditentukan oleh faktor termasuk tampilan visual, kontrol, audio dan *variable model* fisik kontrol pemain [50]. Tingkat kedua *fidelity* adalah secara fungsional yang didefinisikan sejauh mana lingkungan game bertindak seperti dunia nyata dalam hal respon terhadap tindakan pemain, sehingga mencakup unsur-unsur narasi permainan dan interaktivitas [49]. Dasar pemikiran untuk *fidelity* dalam *serious game* berasal dari tujuan ganda pedagogis yaitu, (a) menarik dan pemain terbenam didalamnya (*immersive*), (b) menyajikan proses pengalaman belajar yang efektif. Selain didukung oleh tampilan visual yang realistis dan 3D, dari perspektif *experiential learning* yang dimaksud *fidelity* adalah kepastian bahwa hasil sesuai dengan keadaan sebenarnya sehingga bisa membangkitkan pengalaman pemain seperti di dunia nyata [17].

2.5 Optimasi Multi-objective

Optimasi *Multi-Objective* merupakan metode optimasi yang terdiri lebih dari satu fungsi tujuan secara bersamaan. Dalam pemecahannya, memungkinkan terjadi konflik diantara tujuan dan solusinya, sehingga solusi tidak hanya satu tetapi berupa himpunan solusi. Dalam banyak kasus, tujuan yang didefinisikan pada bagian tertentu, bertentangan dengan solusi yang dihasilkan sehingga timbul pertentangan, atau tujuan tidak dapat

ditingkatkan tanpa kerusakan minimal dari tujuan yang lainnya, permasalahan seperti itu sering disebut *Multiobjective Optimization Problems* (MOPs). Misalnya, sebuah perusahaan pelayaran yang bertujuan meminimalkan total durasi rute untuk meningkatkan layanan pelanggan, di sisi lain, perusahaan juga ingin meminimalkan jumlah truk untuk mengurangi biaya operasional. Dari tujuan tersebut terjadi pertentangan karena untuk mengurangi durasi rute perlu untuk menambah truk, sedangkan jika menambah truk akan menambah biaya operasional, padahal tujuan yang lain dari perusahaan adalah mengurangi biaya operasional. Dalam optimasi *multi-objective* bisa ditemukan beberapa solusi yang merupakan sebuah himpunan solusi, bukan membandingkan solusi yang dihasilkan secara tegas, tetapi solusi tersebut merupakan beberapa alternatif yang bisa dilakukan sebagai pemecahan *multiobjective*. Secara umum, bentuk matematis dari *Multiobjective Optimization Problems* (MOPs) [51], [52] adalah :

$$\begin{aligned} \min & (f_1(x), f_2(x), \dots, f_k(x)) \\ \text{s.t. } & x \in X, \end{aligned} \tag{2.1}$$

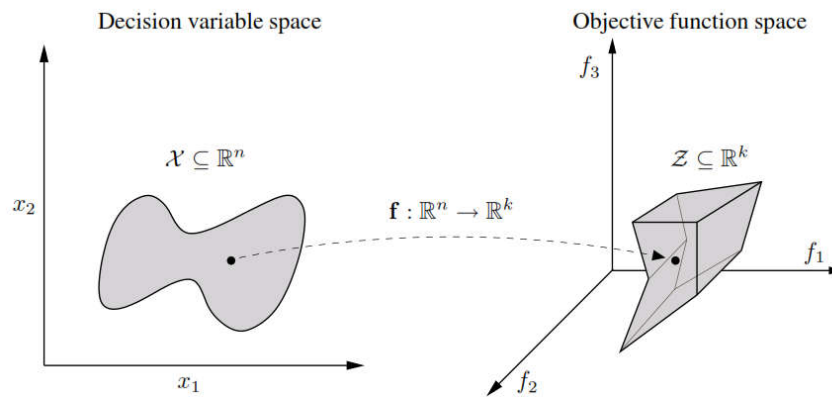
Dimana k adalah jumlah dari fungsi tujuan. Simbol $\min \{\dots\}$ menandakan bahwa semua tujuan diminimalkan secara bersamaan. Sedangkan X adalah himpunan vektor dari solusi yang layak. Penentuan layak tidaknya vektor solusi ditentukan oleh beberapa *constraint function*, dan dalam persamaan fungsi *objective* didefinisikan :

$$f : X \rightarrow \mathbb{R}^k, f(x) = (f_1(x), \dots, f_k(x))^T \tag{2.2}$$

Jika suatu fungsi *objective* dimaksimalkan, *equivalent* dengan meminimalkan yaitu bernilai negatif. *Vareabel* X dinotasikan dengan $Y \in \mathbb{R}^k$ dimana elemen $x^* \in X$ adalah solusi yang layak. Sebuah vektor $z^* := f(x^*) \in \mathbb{R}^k$ adalah solusi yang layak untuk nilai x^* disebut dengan vektor tujuan. Dalam optimasi *multiobjective*, solusi yang layak dicari dengan meminimalkan semua fungsi tujuan secara bersamaan. Sehingga terdapat solusi *pareto optimal*, yaitu solusi yang tidak dapat diperbaiki disalah satu fungsi tujuannya tanpa menurunkan minimal salah satu tujuan yang lain. *Vareabel* x dalam fungsi f merupakan bagian dari *objective function* $z = f(x)$ dan disebut sebagai solusi yang layak pada area *objective function*, seperti Gambar 2.4.

Berbeda dengan *single objective* yang hanya mendapatkan satu solusi optimal sehingga setiap pasangan solusi adalah sebanding, dengan demikian dapat disusun

solusi dari yang terbaik ke yang terburuk. Sedangkan dalam MOPs tidak ada urutan jelas pada \mathbb{R}^k sehingga sulit mendefinisikan dan membandingkan vektor \mathbb{R}^k .



Gambar.2.3. Posisi pencarian pada MOPs (AL Jaimes, *et al*, 2011)

2.6 Tanah

Tanah mempunyai sifat sangat kompleks, terdiri atas komponen padatan yang berinteraksi dengan cairan dan udara. Komponen pembentuk tanah yang berupa padatan, cair, dan udara, dimana komponen tersebut jarang berada dalam kondisi kesetimbangan, selalu berubah mengikuti perubahan yang terjadi di atas permukaan tanah yang dipengaruhi oleh suhu udara, angin, dan sinar matahari. Untuk bidang pertanian, tanah merupakan media tumbuh tanaman. Media yang baik bagi pertumbuhan tanaman harus mampu menyediakan kebutuhan tanaman seperti air, udara, unsur hara, dan terbebas dari bahan-bahan beracun dengan konsentrasi yang berlebihan. Dengan demikian sifat-sifat fisik tanah sangat penting untuk memberikan media tumbuh yang ideal bagi tanaman.

2.6.1 Klasifikasi tanah.

Klasifikasi tanah adalah ilmu yang mempelajari cara-cara membedakan sifat-sifat tanah satu sama lain, dan mengelompokkan tanah kedalam kelas-kelas tertentu berdasarkan atas kesamaan sifat yang dimiliki [53], dengan tujuan mengetahui sifat dan ciri tanah pada masing-masing kelompok tanah (kelas tanah) sehingga memudahkan dalam mengelola tanah tersebut agar dapat berproduksi secara optimal dan juga menyediakan suatu susunan yang teratur (sistematik) bagi pengetahuan mengenai tanah dan hubungannya dengan tanaman, baik mengenai produksi maupun perlindungan kesuburan tanah. Tujuan ini meliputi berbagai segi, antara lain peramalan pertanian di masa yang akan datang [54]. Ada

banyak sistem klasifikasi yang berkembang di dunia namun sistem klasifikasi tanah yang berlaku saat ini adalah sistem klasifikasi *soil taxonomy* atau taksonomi tanah yang dikembangkan oleh USDA. Sistem klasifikasi tanah ini memiliki keistimewaan terutama dalam hal penamaan atau tata nama, definisi-definisi *horizon* penciri, dan beberapa sifat penciri lain yang digunakan untuk menentukan jenis tanah .

Secara umum klasifikasi tanah dibedakan menjadi dua yaitu :

1. Klasifikasi secara alami (taksonomi) dan klasifikasi secara keteknikan atau kegunaan. Klasifikasi alami adalah klasifikasi yang didasarkan atas sifat fisik tanah yang dimilikinya tanpa menghubungkan dengan tujuan penggunaan tanah tersebut. Klasifikasi ini memberikan gambaran besar terhadap sifat fisik, kimia dan minerologi tanah yang dimiliki masing-masing kelas yang selanjutnya dapat digunakan sebagai dasar untuk pengelolaan bagi berbagai penggunaan tanah. Yang termasuk klasifikasi alami adalah taksonomi tanah (USDA).
2. Sedangkan klasifikasi teknis adalah klasifikasi tanah yang didasarkan atas sifat-sifat yang mempengaruhi kemampuan tanah untuk penggunaan tertentu, yang termasuk klasifikasi teknis adalah, klasifikasi kemampuan lahan (USDA) dan klasifikasi kesesuaian lahan (FAO)

Di Indonesia berdasarkan hasil Pusat Penelitian Bogor yang disempurnakan (1982), yang sesuai dengan sistem FAO/UNESCO, terdapat jenis-jenis tanah di Indonesia yaitu:

- a. **Organosol** : Tanah organik (gambut) yang ketebalannya lebih dari 50 cm.
- b. **Litosol** : Tanah mineral yang ketebalannya 20 cm atau kurang, dimana di bawahnya terdapat batuan keras yang padu.
- c. **Rendzina** : Tanah dengan *epipedon mollik* (warna gelap, kandungan bahan organik lebih dari 1 %, kejenuhan basa 50 %), dibawahnya terdiri dari batuan kapur.
- d. **Grumusol** : Tanah dengan kadar liat lebih dari 30 % bersifat mengembang dan mengerut. Jika musim kering tanah keras dan retak-retak karena mengerut, jika basah lengket (mengembang).
- e. **Gleisol** : Tanah yang selalu jenuh air sehingga berwarna kelabu atau menunjukkan sifat-sifat *hidromorfik* lain.
- f. **Aluvial** : Tanah berasal dari endapan baru dan berlapis-lapis, bahan organik jumlahnya berubah tidak teratur dengan kedalaman. Hanya terdapat *epipedon ochrik*, *histik* atau *sulfurik*, kandungan pasir kurang dari 60 %.

- g. **Regosol** : Tanah bertekstur kasar dengan kadar pasir lebih dari 60 %, hanya mempunyai horison penciri *ochrik*, *histik* atau *sulfurik*.
- h. **Arenosol** : Tanah bertekstur kasar dari bahan *albik* yang terdapat pada kedalaman sekurang-kurangnya 50 cm dari permukaan atau memperlihatkan ciri-ciri mirip horison *argilik*, *kambik* atau *oksik*, tetapi tidak memenuhi syarat karena tekstur terlalu kasar. Tidak mempunyai horison penciri kecuali *epipedon ochrik*.
- i. **Andosol** : Tanah-tanah yang umumnya berwarna hitam (*epipedon mollik* atau *umbrik*) dan mempunyai horison *kambik*, kerapatan *limbak* (*bulk density*) kurang dari 0,85 g/cm³, banyak yang mengandung *amorf* atau lebih dari 60 % terdiri dari abu vulkanik *vitrik*, *cinders* atau bahan *pyroklastik* lain.
- j. **Latosol** : Tanah dengan kadar liat lebih dari 60 %, remah sampai gumpal, gembur, warna tanah seragam dengan dengan batas-batas horison yang kabur, solum dalam (lebih dari 150 cm), kejenuhan basa kurang dari 50 %, umumnya mempunyai *epipedon kambrik* dan horison *kambik*.
- k. **Brunizem** : Seperti *Latosol*, tetapi kejenuhan basa lebih dari 50 %.
- l. **Kambisol** : Tanah dengan horison *kambik*, atau *epipedon umbrik* atau *molik*. Tidak ada gejala-gejala hidromorfik (pengaruh air).
- m. **Nitosol** : Tanah dengan penimbunan liat (horison *argilik*). Dari horison penimbunan liat maksimum ke horison di bawahnya, kadar liat turun kurang dari 20 %. Mempunyai sifat *ortoksik* (kapasitas tukar kation kurang dari 24 *cmol* (+) / kg liat).
- n. **Podsolik** : Tanah dengan horison penimbunan liat (*horison argilik*), dan kejenuhan basa kurang dari 50 %, tidak mempunyai horison *albik*.
- o. **Mediteran** : Seperti tanah *Podsolik* (mempunyai horison *argilik*) tetapi kejenuhan basa lebih dari 50 %.
- p. **Planosol** : Tanah dengan horison *albik* yang terletak diatas horison dengan permeabilitas lambat (misalnya horison *argilik* atau *natrik*) yang memperlihatkan perubahan tekstur nyata, adanya liat berat atau fragipan, dan memperlihatkan ciri-ciri *hidromorfik* sekurang-kurangnya pada sebagian dari horison *albik*.
- q. **Podsol** : Tanah dengan horison penimbunan besi, *Aluminium Oksida* dan bahan organik (sama dengan horison *sporadik*), juga mempunyai horison *albik*.
- r. **Oksisol** : Tanah dengan pelapukan lanjut dan mempunyai horison *oksik*, yaitu horison dengan kandungan mineral mudah lapuk rendah, fraksi liat dengan aktivitas rendah,

kapasitas tukar kation rendah (kurang dari 16 cmol (+) / kg liat). Tanah ini juga mempunyai batas-batas *horison* yang tidak jelas.

2.6.2 Sifat fisik tanah

Sifat fisik tanah sangat mempengaruhi pertumbuhan dan produksi tanah karena menentukan, penetrasi akar di dalam tanah, kemampuan tanah menahan air, drainasi dan aerasi tanah dan juga ketersediaan unsur hara dalam tanah.

a. Tekstur tanah.

Tekstur tanah menunjukkan perbandingan butir-butir pasir (2mm - 50 μ), debu (2 μ -50 μ), dan liat (< 2 μ) di dalam fraksi tanah halus (Hardjowigeno, 2007). Ukuran relatif partikel tanah dinyatakan dalam istilah tekstur yang mengacu pada kehalusan atau kekasaran tanah (Foth 1994). Menurut Hanafiah (2007), tanah yang didominasi pasir akan banyak mempunyai pori-pori makro (besar) disebut lebih *poreus*, tanah yang didominasi debu akan banyak mempunyai pori-pori meso (sedang) agak *poreus*, sedangkan yang didominasi liat akan mempunyai pori-pori mikro (kecil) atau tidak *poreus*.

Menurut Hardjowigeno (2003) tanah dengan tekstur pasir banyak mempunyai pori-pori makro sehingga sulit menahan air. Menurut Hanafiah (2007), berdasarkan kelas teksturnya maka tanah digolongkan menjadi:

- Tanah bertekstur kasar atau tanah berpasir, berarti tanah yang mengandung minimal 70% pasir : bertekstur pasir atau pasir berlempung.
- Tanah bertekstur halus atau kasar berliat, berarti tanah yang mengandung minimal 37,5% liat atau bertekstur liat, liat berdebu atau liat berpasir.
- Tanah bertekstur sedang atau tanah berlempung, terdiri dari:
 - Tanah bertekstur sedang tetapi agak kasar meliputi tanah yang bertekstur lempung berpasir (*sandy loam*) atau lempung berpasir halus.
 - Tanah bertekstur sedang meliputi yang bertekstur berlempung berpasir sangat halus, lempung (*loam*), lempung berdebu (*silty loam*) atau debu (*silt*).
 - Tanah bertekstur sedang tetapi agak halus mencakup lempung liat (*clay loam*), lempung liat berpasir (*sandy clay loam*), atau lempung liat berdebu (*sandy silt loam*).

b. Struktur tanah

Struktur tanah merupakan gumpalan-gumpalan kecil alami dari tanah, akibat melekatnya butir-butir primer tanah satu sama lain. Satu unit struktur disebut ped (terbentuk karena proses alami). Struktur tanah memiliki bentuk yang berbeda-beda yaitu Lempeng (*platy*), Prismatic (*prismatic*), Tiang (*columnar*), Gumpal bersudut (*angular blocky*), Gumpal membulat (*subangular blocky*), Granular (*granular*), Remah (*crumb*) (Hardjowigeno 2003). Arsyad (2005) mengemukakan, struktur adalah kumpulan butir-butir tanah disebabkan terikatnya butir-butir pasir, liat dan debu oleh bahan organik, oksida besi dan lain-lain. Struktur tanah yang penting dalam mempengaruhi infiltrasi adalah ukuran pori dan kemantapan pori. Pori-pori yang mempunyai diameter besar (0,06 mm atau lebih) memungkinkan air keluar dengan cepat sehingga tanah beraerasi baik, pori-pori tersebut juga memungkinkan udara keluar dari tanah sehingga air dapat masuk.

Istilah tekstur digunakan untuk menunjukkan ukuran partikel-partikel tanah. Tetapi, apabila ukuran partikel tanah sudah diketahui maka digunakan istilah struktur. Struktur menunjukkan kombinasi atau susunan partikel-partikel tanah primer (pasir, debu dan liat) sampai pada partikel-partikel sekunder atau (*ped*) disebut juga agregat. Unit ini dipisahkan dari unit gabungan atau karena kelemahan permukaan. Struktur suatu *horizon* yang berbeda satu profil tanah merupakan satu ciri penting tanah, seperti warna, tekstur atau komposisi kimia. Ada dua jenis tanah tanpa struktur, yakni butir tunggal (*single grain*) dan *massive*. Butir tunggal adalah apabila partikel-partikel tanah dalam keadaan lepas (tidak terikat) satu sama lainnya. Keadaan ini sering dijumpai pada tanah-tanah yang banyak mengandung pasir. Sedangkan untuk tanah yang *massive* apabila partikel-partikel tanah dalam keadaan terikat satu sama lainnya (Hakim *et al.*1986).

Gradasi dari struktur merupakan derajat agregasi atau perkembangan struktur. Istilah-istilah untuk gradasi struktur adalah sebagai berikut :

- Tidak mempunyai struktur : Agregasi tidak dapat dilihat atau tidak tertentu batasnya dan susunan garis-garis alam semakin kabur. Pejal jika menggumpal, berbutir tunggal jika tidak menggumpal.
- Lemah : *Ped* yang sulit dibentuk, dapat dilihat dengan mata telanjang.
- Sedang : *Ped* yang dapat dibentuk dengan baik, tahan lama dan jelas, tetapi tidak jelas pada tanah yang tidak terganggu.

- Kuat : *Ped* yang kuat, jelas pada tanah yang tidak terganggu satu dengan yang lain terikat secara lemah, tahan terhadap perpindahan dan menjadi terpisah apabila tanah tersebut terganggu (Foth 1994).

c. Kerapatan (*Bulk Density*).

Bulk density merupakan rasio bobot kering mutlak (suhu 105 C) suatu unit tanah terhadap volume total, yang sering dinyatakan dalam *gr/cm* (Hillel, 1980). Menurut (Hardjowigeno, 2007), Kerapatan Limbak atau *Bulk Density* (BD) adalah berat tanah kering per satuan *volume* tanah (termasuk pori-pori tanah). *Bulk density* dapat digunakan untuk menghitung ruang pori total (*total porosity*) tanah dengan dasar bahwa kerapatan zarah (*particle density*) tanah = 2,65 g/cc.

Menurut Sarief (1986) dalam Mustofa (2007) nilai bobot isi dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor, diantaranya pengolahan tanah, bahan organik, pemadatan oleh alat-alat pertanian, tekstur, struktur, kandungan air tanah, dan lain-lain. Pengolahan tanah yang sangat intensif akan menaikkan bobot isi. Hal ini disebabkan pengolahan tanah yang intensif akan menekan ruang pori menjadi lebih sedikit dibandingkan dengan tanah yang tidak pernah diolah. Besaran bobot isi tanah dapat bervariasi dari waktu ke waktu atau dari lapisan ke lapisan sesuai dengan perubahan ruang pori atau struktur tanah. Keragaman itu menunjukkan derajat kepadatan tanah (Foth 1994), karena tanah dengan ruang pori berkurang dan berat tanah setiap satuan bertambah menyebabkan meningkatnya bobot isi tanah. Tanah dengan bobot yang besar akan sulit meneruskan air atau sulit ditembus akar tanaman, sebaliknya tanah dengan bobot isi rendah, akar tanaman lebih mudah berkembang [53].

d. Porositas tanah.

Pori-pori tanah adalah bagian tanah yang tidak terisi bahan padat tanah (terisi oleh udara dan air). Pori tanah dapat dibedakan menjadi pori kasar (*macro pore*) dan pori halus (*micro pore*). Pori kasar berisi udara atau air gravitasi (air yang mudah hilang karena gaya gravitasi), sedang pori halus berisi air kapiler dan udara [53]. Ruang pori tanah yaitu bagian dari tanah yang ditempati oleh air dan udara, sedangkan ruang pori total terdiri atas ruangan diantara partikel pasir, debu, dan liat serta ruang diantara agregat-agregat tanah [55].

Porositas adalah proporsi ruang pori total (ruang kosong) yang terdapat dalam satuan volume tanah yang dapat ditempati oleh air dan udara. Menurut Hardjowigeno (2007), porositas tanah dipengaruhi oleh kandungan bahan organik, struktur, dan tekstur tanah. Porositas tanah tinggi jika bahan organik tinggi. Tanah-tanah dengan struktur remah atau

granular mempunyai porositas yang lebih tinggi daripada tanah-tanah yang berstruktur pejal. Agar tanaman dapat tumbuh baik diperlukan perimbangan antara pori-pori yang dibedakan menjadi pori berguna dan pori tidak berguna untuk ketersediaan air bagi tanaman. Pori berguna bagi tanaman yaitu pori yang berdiameter diatas 0,2 mikron, yang terdiri pori pemegang air berukuran diameter 0,2 – 8,6 mikron, pori drainase lambat berdiameter 8,6 – 28,6 mikron, dan pori drainase cepat berdiameter diatas 28,8 mikron. Air yang terdapat dalam pori pemegang air disebut air tersedia, umumnya antara titik layu dan kapasitas lapang (Hardjowigeno 1993). Sedangkan pori tidak berguna bagi tanaman adalah pori yang diameternya kurang dari 0,2 mikron. Akar tanaman tidak mampu menghisap air pada pori ukuran kurang dari 0,2 mikron tersebut, sehingga tanaman menjadi layu. Untuk mengeluarkan air dari pori ini diperlukan tenaga tekanan atau isapan setara dengan 15 atmosfer [53].

e. Permeabilitas tanah.

Menurut Hardjowigeno (2003), permeabilitas adalah kecepatan laju air dalam medium massa tanah. Sifat ini penting artinya dalam keperluan drainase dan tata air tanah. Bagi tanah-tanah yang bertekstur halus biasanya mempunyai permeabilitas lebih lambat dibanding tanah bertekstur kasar. Nilai permeabilitas suatu solum tanah ditentukan oleh suatu lapisan tanah yang mempunyai nilai permeabilitas terkecil. Selain itu menurut Foth (1994), permeabilitas merupakan kemudahan cairan, gas dan akar menembus tanah.

Tanah dengan struktur mantap adalah tanah yang memiliki permeabilitas dan drainase yang sempurna, serta tidak mudah didispersikan oleh air hujan. Permeabilitas tanah dapat menghilangkan daya air untuk mengerosi tanah, sedangkan drainase mempengaruhi baik buruknya pertukaran udara. Faktor tersebut selanjutnya akan mempengaruhi kegiatan mikroorganisme dan perakaran dalam tanah. Permeabilitas merupakan parameter sifat fisika tanah yang dalam keadaan alamiah nilainya sangat bervariasi, baik untuk pergerakan secara vertikal maupun horizontal. Pengetahuan tentang permeabilitas ini sangat berguna didalam pengelolaan lahan pertanian, drainase dan irigasi, budidaya perikanan dan pengawasan banjir. Permeabilitas tanah merupakan parameter sifat fisika tanah yang menentukan kecepatan pergerakan air dalam tanah. Tanah dengan permeabilitas rendah diinginkan untuk persawahan yang membutuhkan banyak air [56].

Tabel 2.1. Permeabilitas Tanah [53].

Deskripsi	Permeabilitas (cm/jam)
Sangat Cepat	> 25,0
Cepat	12,5 – 25,0
Agak Cepat	6,5 – 12,5
Sedang	2,0 – 6,5
Agak Lambat	0,5 – 2,0
Lambat	0,1 – 0,5
Sangat Lambat	< 0,1

Syarief (1985) dalam Musthofa (2007) juga mengatakan bahwa aliran permukaan (erosi) dipengaruhi oleh dua faktor yaitu kapasitas infiltrasi dan permeabilitas dari lapisan tanah. Apabila kapasitas infiltrasi dan permeabilitas besar dan mempunyai lapisan kedap yang dalam maka aliran permukaan rendah, sedangkan untuk tanah yang bertekstur halus maka penyerapan air akan semakin lambat dan aliran permukaan tinggi. Permeabilitas tanah ini disajikan pada Tabel 2.1.

2.6.3 Sifat mekanis tanah.

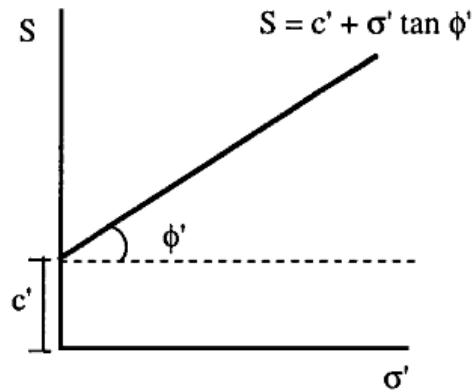
Sifat mekanis tanah yaitu perilaku tanah akibat diberikannya gaya terhadap tanah, antara lain ; kuat geser tanah, sudut geser dalam dan nilai kohesi tanah.

Kuat geser tanah adalah gaya perlawanan yang dilakukan oleh butir-butir tanah terhadap desakan atau tarikan. Dengan dasar pengertian ini, bila tanah mengalami pembebanan akan ditahan oleh :

1. Kohesi tanah yang bergantung pada jenis tanah dan kepadatannya, tetapi tidak tergantung dari tegangan normal yang bekerja pada bidang geser.
2. Gesekan antara butir-butir tanah yang besarnya berbanding lurus dengan tegangan normal pada bidang gesernya.

Kekuatan geser dinyatakan dengan rumus :

$$S = c' + \sigma' \tan \varphi' \quad (2.17)$$



Gambar. 2.4. Grafik kekuatan geser tanah.

Dimana :

S = Kekuatan geser tanah.

φ' = Sudut geser dalam efektif.

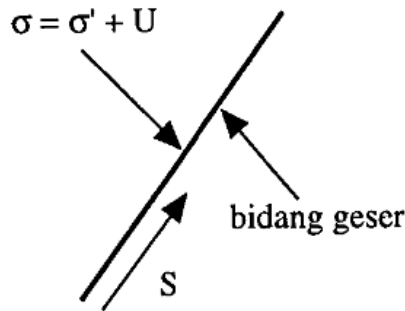
c' = Kohesi.

σ' = Tegangan efektif.

Kekuatan geser yang dimiliki oleh tanah disebabkan oleh :

- Pada tanah berbutir halus (*kohesif*), misalnya lempung kekuatan geser yang dimiliki oleh tanah disebabkan karena adanya kohesi atau lekatan antara butir-butir tanah (*c soil*).
- Pada tanah berbutir kasar (*non kohesif*), kekuatan geser disebabkan karena adanya gesekan antara butir-butir tanah sehingga sering disebut dengan sudut gesek dalam (φ *soil*).
- Pada tanah yang merupakan campuran antara tanah halus dan tanah kasar (*c dan φ soil*), kekuatan geser disebabkan karena adanya lekatan (kohesi) dan gesekan antara butir-butir tanah.

Hubungan antara tegangan total, tegangan efektif dan tekanan air pori adalah seperti Gambar 2.4, dimana U adalah tekanan air pori.



Gambar 2.5. Hubungan kekuatan geser.

Kekuatan geser dalam mempunyai *variabel kohesi* dan sudut geser dalam. Kohesi merupakan gaya tarik menarik antar partikel tanah. Bersama dengan sudut geser dalam, kohesi merupakan parameter kuat geser tanah yang menentukan ketahanan tanah terhadap deformasi akibat tegangan yang bekerja pada tanah dalam hal ini berupa gerakan *lateral* tanah. Deformasi ini terjadi akibat kombinasi keadaan kritis pada tegangan normal dan tegangan geser yang tidak sesuai dengan faktor aman dari yang direncanakan. Nilai ini juga didapatkan dari pengukuran *properties* tanah berupa *Triaxial Test* dan *Direct Shear Test*.

2.6.4 Pengolahan Tanah.

Pengolahan tanah adalah proses di mana tanah direkayasa sedemikian seperti digemburkan dengan menggunakan bajak ataupun garu yang ditarik dengan berbagai sumber tenaga, sehingga cocok untuk ditanami oleh jenis tanaman tertentu. Sumber tenaga pengolahan tanah seperti tenaga manusia, tenaga hewan, dan mesin pertanian (traktor).

Berdasarkan tahapan kegiatan, hasil kerja dan perlakuan pengolahan pada tanah, kegiatan pengolahan tanah dibedakan menjadi dua macam, yaitu pengolahan tanah pertama atau awal (*primary tillage*) dan pengolahan tanah kedua (*secondary tillage*). Dalam pengolahan tanah pertama, tanah dipotong kemudian diangkat terus dibalik agar sisa-sisa tanaman yang ada di permukaan tanah dapat terbenam di dalam tanah. Kedalaman pemotongan dan pembalikan umumnya lebih besar dari 15 cm, sedangkan hasil pengolahan tanah masih berupa bongkahan tanah yang cukup besar. Pada tahap pengolahan tanah ini penggemburan tanah belum dapat dilakukan dengan efektif.

Dalam pengolahan tanah kedua, bongkahan tanah dan sisa-sisa tanaman yang telah terpotongi pada pengolahan tanah pertama akan dihancurkan menjadi lebih halus dan sekaligus mencampurnya dengan tanah. Kedalaman pengolahan tanah kedua pada umumnya

kurang dari 15 cm sehingga penggemburan tanah secara intensif pada lapisan tanah bagian atas.

Berdasarkan jenis dan cara pengolahan tanah secara garis besar alat dan mesin pengolahan tanah dibedakan menjadi dua, yaitu :

1. Alat dan mesin pengolahan tanah tahap pertama (*primary tillage equipment*), adalah alat dan mesin pertanian yang digunakan untuk melakukan kegiatan pengolahan tanah tahap pertama, peralatan pengolah tanah ini biasanya berupa bajak (*plow*) seperti, bajak singkal, bajak piringan, bajak putar, bajak pahat dan bajak tanah bawah.
2. Alat dan mesin pengolahan tanah tahap kedua (*secondary tillage equipment*), adalah alat dan mesin pertanian yang digunakan untuk melakukan kegiatan pengolahan tanah tahap kedua, , peralatan pengolah tanah ini biasanya berupa garu (*harrow*) seperti, garu piringan, garu sisir, garu bergigi per dan sejenisnya.

Melalui proses pengolahan tanah, lapisan atas tanah teraduk, sehingga udara dan cahaya matahari menyentuh tanah lebih dalam dan meningkatkan kesuburannya. Sekalipun demikian, tanah yang sering dilakukan pengolahan sering menyebabkan kesuburannya berkurang. Berdasarkan seberapa banyak residu tanaman yang diangkat dari lahan pertanian, dalam sistem pengolahan tanah terbagi menjadi tiga yaitu, pengolahan tanah tereduksi, pengolahan tanah intensif dan pengolahan tanah konservasi. Sejak tahun 1997 di Amerika Serikat, sistem pengolahan tanah konservasi semakin banyak digunakan [57], [58], sehingga menghemat banyak waktu, energi, tenaga kerja, dan biaya. Pengolahan tanah konservasi adalah membuat sedikit mesin pertanian yang bergerak di atas lahan pertanian sehingga mencegah pemadatan tanah berlebihan, dan mengakibatkan pengolahan tidak maksimal berhubungan dengan kekuatan dalam pengolahan tanah [58]. Sehingga semakin sedikit tanah yang dibalikkan, yang mengakibatkan semakin sedikit pula cahaya matahari dan udara yang menyentuh tanah bagian dalam, hal tersebut menghambat penanaman di awal musim semi karena tanah masih dingin setelah tanah membeku di musim dingin.

Beberapa jenis pengolahan tanah, adalah :

- Pengolahan tanah tereduksi
Pengolahan tanah tereduksi dengan tetap meninggalkan antara 15 hingga 30% residu tanaman untuk tetap berada di lahan pertanian.
- Pengolahan tanah intensif
Pengolahan tanah intensif dengan meninggalkan kurang dari 15% residu tanaman untuk tetap berada di lahan pertanian. Pengolahan tanah intensif mendayagunakan banyak

implemen (bajak singkal, bajak piring, dan/atau bajak pahat, ditambah garu dan kultivator) dan jam kerja traktor.

- Pengolahan tanah konservasi
Pengolahan tanah konservasi setidaknya meninggalkan 30% residu tanaman untuk tetap berada di lahan pertanian.
- Pengolahan tanah berlajur
Pengolahan tanah berlajur (*strip-tillage*) hanya mengolah tanah dengan membajak lajur yang akan ditanam. Bagian di antara lajur dibiarkan.
- Pengolahan tanah rotasi
Pengolahan tanah rotasi hanya mengolah tanah secara terus menerus atau tidak setiap kali akan masa tanam, yaitu setiap dua tahun sekali atau tiga tahun sekali.
- Tanpa pengolahan tanah
Tanpa pengolahan tanah berarti sama sekali tidak menggunakan bajak atau alat lain. Dimana residu tanaman yang ditanam pada periode sebelumnya dibiarkan mengering. Pada lahan yang luas, sistem ini membutuhkan mesin penanam yang tidak biasa, yang mampu menanam di sela-sela residu tanaman yang masih tegak berdiri.

Tujuan khusus dari pengolahan tanah adalah sebagai berikut [59] :

- a) Menciptakan struktur tanah yang dibutuhkan untuk tempat tumbuh benih. Tanah yang padat diolah sampai menjadi gembur sehingga mempercepat infiltrasi air hujan, berkemampuan baik menahan curah hujan memperbaiki aerasi dan memudahkan perkembangan akar.
- b) Peningkatan kecepatan infiltrasi akan menurunkan *run off* dan mengurangi bahaya erosi.
- c) Menghambat atau mematikan tumbuhan pengganggu.
- d) Membenamkan tumbuhan-tumbuhan atau sampah-sampah yang ada diatas tanah kedalam tanah, sehingga menambah kesuburan tanah.
- e) Membunuh serangga, larva, atau telur-telur serangga melalui perubahan tempat tinggal dan terik matahari.

2.6.5 Pengolahan Tanah Dengan Bajak Singkal.

Penelitian yang berhubungan dengan proses dan sistematika pengolahan tanah terutama untuk tujuan menggemburkan tanah lebih terpusat pada peralatan *Tine* dan Bajak. Alat *Tine* merupakan jenis alat dengan bentuk sederhana yang mempunyai ukuran dan fungsi

tertentu, sedangkan bajak mewakili jenis alat yang berbentuk kompleks, juga memiliki kurvatur dan bentuk tidak simetris.

Proses yang terjadi pada pengolahan tanah dengan bajak terdiri dari beberapa bagian proses, yaitu proses *intake*, *main flow* dan *output*. Proses *intake* merupakan proses pemisahan bagian/lapisan tanah dari bagian utamanya. Proses *main flow* adalah proses yang terjadi ketika tanah bergerak sepanjang bagian alat (*plough-body*). Proses *output* adalah perubahan yang terjadi setelah irisan tanah terlepas dari alat. Karakteristik bajak biasanya dibatasi oleh bentuk dari bajak tersebut tetapi mempunyai ciri tertentu, misalnya bajak selalu mempunyai titik potong horizontal yang tegak lurus terhadap arah kerjanya.

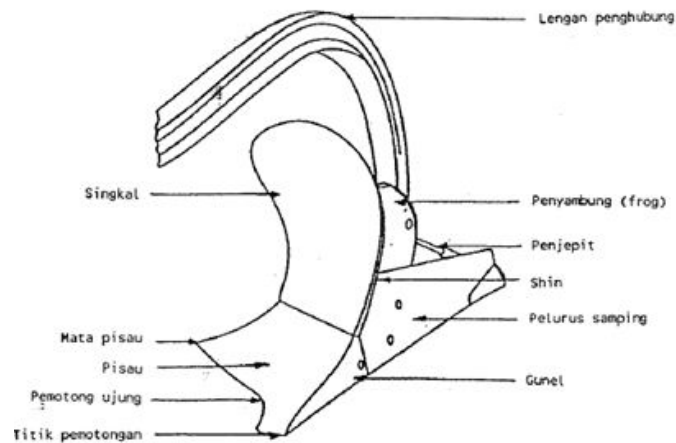
Bajak (*plow*) merupakan alat pertanian yang paling tua, telah dipergunakan sejak 6000 th. SM di Egypt. Pada awal mulanya bajak sepenuhnya ditarik oleh tenaga manusia, dengan bentuk yang sangat sederhana. Kemudian terus berkembang mulai dibuat dari kayu sampai dibuat dari besi. Penggunaan sistem dua mata bajak dimulai sejak tahun 1865, kemudian diikuti dengan pemakaian tiga mata-bajak dan seterusnya, tergantung pada besarnya daya penarik yang digunakan. Banyak dijumpai berbagai bentuk rancangan bajak, untuk dapat memperoleh penyesuaian antara tujuan pengolahan tanah dengan peralatan yang di pergunakan. Berdasarkan bentuk dan kegunaannya, secara garis besar bajak dibedakan atas beberapa jenis, yaitu [60]. Bajak singkal (*moldboard plow*), Bajak piringan (*disk plow*), Bajak rotari atau bajak putar (*rotary-plow*), Bajak pahat (*chisel-plow*), Bajak tanah bawah (*subsoil plow*).

Bajak singkal bertujuan untuk memecah tanah, banyak tipe tanah yang cocok sekali untuk pembalikan tanah serta penutupan sisa-sisa tanaman. Bagian bajak secara keseluruhan merupakan hal yang sangat penting untuk menghasilkan pembajakan yang sesuai. Pemotongan oleh mata bajak dan pengangkatan alur irisan, dengan pengendalian sisi samping. Keberhasilan pembajakan dipengaruhi oleh singkal pada bagian lengkungannya, serta panjang singkal menentukan derajat kegemburan yang diberikan kepada tanah potongan [61].

Bagian dari bajak singkal yang memotong dan membalik tanah disebut *bottom*. Suatu bajak dapat terdiri dari satu *bottom* atau lebih. *Bottom* ini terdiri dari bagian-bagian utama, yaitu :

- 1) Singkal (*moldboard*)
- 2) Pisau (*share*)
- 3) Penahan samping (*landside*).

Ketiga bagian utama tersebut diikat pada bagian yang disebut (*frog*). Unit ini dihubungkan dengan rangka (*frame*) melalui batang penarik (*beam*). Bagian-bagian dari bajak singkal satu *bottom* secara terperinci dapat dilihat pada Gambar 2.6.



Gambar 2.6. Bagian bajak singkal satu *bottom*.

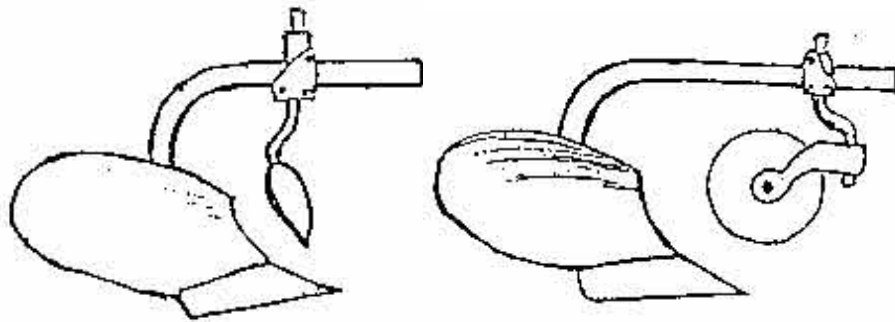
Pada saat bajak bergerak maju, maka pisau (*share*) memotong tanah dan mengarahkan potongan/keratan tanah (*furrow slice*) tersebut ke bagian singkal. Singkal akan menerima potongan tanah, dan karena kelengkungannya maka potongan tanah akan dibalik dan pecah. Kelengkungan singkal ini berbeda untuk kondisi dan jenis tanah yang berbeda agar diperoleh pembalikan dan pemecahan tanah yang baik [60].

Penahan samping adalah bagian yang berfungsi untuk menahan tekanan samping dari keratan tanah pada singkal, disamping sekaligus menjaga kestabilan jalannya bajak. Bagian yang paling banyak bersinggungan dengan tanah adalah bagian belakang yang disebut tumit (*heel*). Untuk menjaga keausan karena gesekan dengan tanah, pada bagian tumit ini dalam pembuatannya diperkeras.

Selain dari bagian-bagian diatas, bajak singkal diperlengkapi dengan alat yang disebut pisau pemotong (*coulter*). Bagian ini berfungsi untuk membelah tanah atau tumbuhan atau sampah-sampah yang ada diatas tanah sebelum pisau bajak memotong tanah. Dengan demikian sisa-sisa tumbuhan diatas tanah dapat dibalik dengan baik dan memperingan pekerjaan pisau bajak. Ada dua bentuk pisau pemotong, yaitu pisau pemotong stasioner (*stationary knife*) dan pisau pemotong berputar (*rolling coulter*) seperti terhdhat pada Gambar 2.7.

Tarikan bajak singkal dipengaruhi oleh banyak faktor, seperti tipe dan bentuk telapak bajak. Untuk singkalnya sendiri dipengaruhi ketajaman mata bajak, pengaturan bajak secara

keseluruhan, kedalaman dan lebar potongan, serta macam-macam tipe dan karakteristik tanah.



Gambar 2.7. Pemotong stasioner (*stationary knife*) dan pisau pemotong berputar (*rolling coulter*).

Pengoperasian bajak merupakan suatu faktor penting yang mempengaruhi tarikan bajak. Bila seluruh faktor ini dipertimbangkan, akan terdapat suatu kisaran luas tarikan dari setiap tipe dan bentuk telapak bajak dari lahan ke lahan, bergantung pada tipe dan kondisi tanah. Tarikan bajak dapat mempunyai kisaran 5 sampai 12 pon (2,2 sampai 5,4 kg) tarikan per inci kuadrat penampang potongan. Suatu telapak bajak yang berukuran 14 inci (35,6 cm) yang membajak sedalam 8 inci (20,3 cm) akan membajak paliran seluas 112 inci². maka tarikan bajak tersebut akan menjadi 896 pon (406 kg) (Smith dan Wilkes, 1990). Bajak singkal secara umum dapat dibedakan menjadi dua golongan yaitu :

- Bajak singkal satu arah (*one-way moldboard plow*)

Adalah jenis bajak singkal dimana pada waktu mengerjakan pengolahan tanah akan melempar dan membalik tanah hanya dalam satu arah lemparan atau pembalikan tanahnya biasanya dilakukan kearah kanan.

- Bajak singkal dua arah (*two-way/reversible moldboard-plow*)

Adalah jenis bajak singkal dimana pada waktu mengerjakan pengolahan tariah, arah pelemparan atau pembalikan tarahnya dapat diatur dua arah, yaitu kearah kiri maupun kearah kanan. Jenis bajak ini mempunyai mata-bajak yang kedudukannya dirancang untuk dapat diputar kekanan taupun kekiri dengan cepat, sesuai dengan arah pelemparan ataupun pembalikan tanah yang dikehendaki.

Menurut Lindgren dan Jimmerman menganalisis banyaknya gaya yang bekerja pada bajak sebagai berikut:

Pertama: Gaya-gaya vertikal utama

- o Gaya yang ditimbulkan oleh berat bajak

- Gaya yang ditimbulkan oleh tekanan kebawah yang berasal dari tanah yang diangkat.
- Komponen perangkat oleh penyangga yang berada di atas titik tahanan
- Gaya yang merupakan akibat bila baja tumpul dan aus, yang mempunyai komponen ke atas sebagai akibat miringnya permukaan bawah mata bajak.

Kedua: Gaya-gaya utama melintang *horizontal*

- Komponen melintang yang disebabkan gesekan tanah terhadap singkal
- Komponen melintang yang disebabkan pemindahan tanah ke arah samping menurut lebar penampang potong.
- Komponen melintang yang disebabkan oleh pemotongan serta gerak sebagai pasak sisi miring mata bajak dalam kerjanya
- Komponen garis tarik
- Komponen-komponen lainnya sebagai hasil reaksi roda alur balakang dalam perlengkapan serba guna di tempat penggunaan.

Ketiga: Gaya-gaya utama *longitudinal* yang bekerja searah panjang aliran.

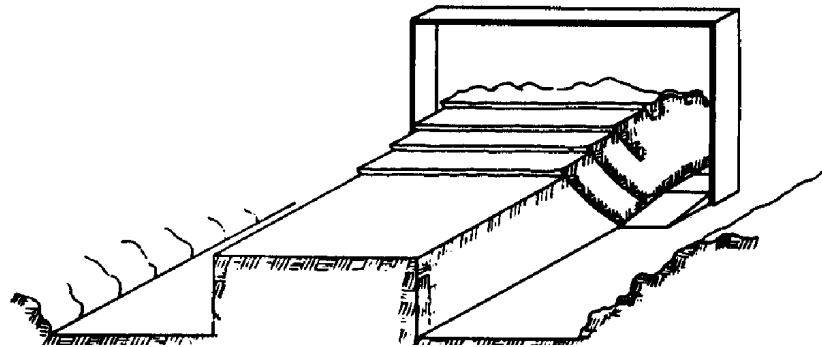
- Ketahanan tanah terhadap pemotongan
- Gesekan antara dinding piliran dan sisi samping telapak bajak
- Gesekan akibat berat dan pemasangan atau kondisi sisi baji pemotongan.
- Komponen gesekan tanah yang meluncur di atas singkal.

2.6.6 Mekanisme Pengolah Tanah Sederhana

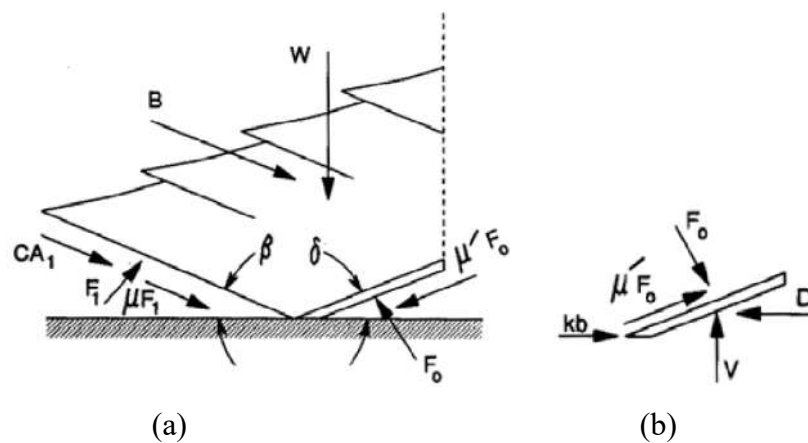
Alat pengolahan dalam bentuk sebuah pisau dalam proses berjalannya di dalam tanah sebagai ditunjukkan pada Gambar 2.8. Sebagai alat yang bergerak maju, dan berada di bawah tanah terdapat gaya yang berpengaruh sehingga tanah bergeser karena bergesekan dengan permukaan pengolahan tanah. W. Soehne (1956) menganalisis gaya yang bekerja pada alat pengolahan tanah dan tanah untuk mengembangkan ekspresi total draft yang dibutuhkan berbagai variasi tanah. Gill dan Vandenberg (1968) menjelaskan hasil dari Soehne (1956), menjelaskan tentang gesekan antara tanah dan logam, kekuatan geser, kekuatan gerak untuk setiap blok tanah dan resistensi pemotongan alat olah tanah ketika bergerak di dalam tanah. Seperti Gambar 2.8(a) menunjukkan diagram bebas dari segmen tanah karena bereaksi alat yang bergerak maju.

Gaya CA_1 dan μF_1 adalah gaya geser tanah yang menyebabkan terjadinya gesekan dengan tanah juga terdapat gaya akibat gesekan tanah dengan logam $\mu' F_0$ dan kecepatan (B). Resistansi potongan tanah, didefinisikan sebagai gaya pemotongan per satuan

panjang dari ujung, yang disebabkan oleh k. Gaya- gaya yang bekerja pada alat pengolahan tanah ditunjukkan pada Gambar 2.18(b). Kekuatan potong resistansi tanah (kb) yang diperoleh dengan mengalikan resistansi unit pemotong (k) dengan lebar potongan (b), reaksi tanah normal (F_o), reaksi gesekan tanah $\mu C F_o$ dan kekuatan alat (V) juga draft (D).



Gambar 2.8. Alat pengolahan tanah sederhana [62]



Gambar 2.9. Gaya-gaya yang berkerja pada tanah dengan alat pengolah tanah. (Soehne, 1956, dikutip dalam Gill dan Vandenberg, 1968).

Dalam persamaan matematis adalah :

$$D = F_o \sin \delta + \mu' F_o \cos \delta + kb \quad (2.18)$$

Dimana :

D = draft gaya horisontal

F_o = beban normal pada bidang miring

δ = sudut angkat.

μ' = koefisien gesekan tanah dengan logam

k = resitansi potong tanah.

Untuk draft gaya horisontal (D^*), didefinisikan :

$$D^* = D - kb$$

$$D^* = F_o \sin \delta + \mu' F_o \cos \delta \quad (2.19)$$

Dengan menjumlahkan semua komponen vertikal dari gaya karena adanya berat tanah dan memberi nilai nol untuk memberi keseimbangan, maka :

$$W - F_o (\cos \delta - \mu' \sin \delta) - F_1 (\cos \beta - \mu \sin \beta) + (CA_1 + B) \sin \cos \beta = 0 \quad (2.20)$$

Dimana :

W = Berat tanah, N

μ = Koefisien internal gesekan tanah, tanpa unit.

F_1 = Gaya normal permukaan, N

β = Sudut potong gerak maju terhadap permukaan tanah, *rad*

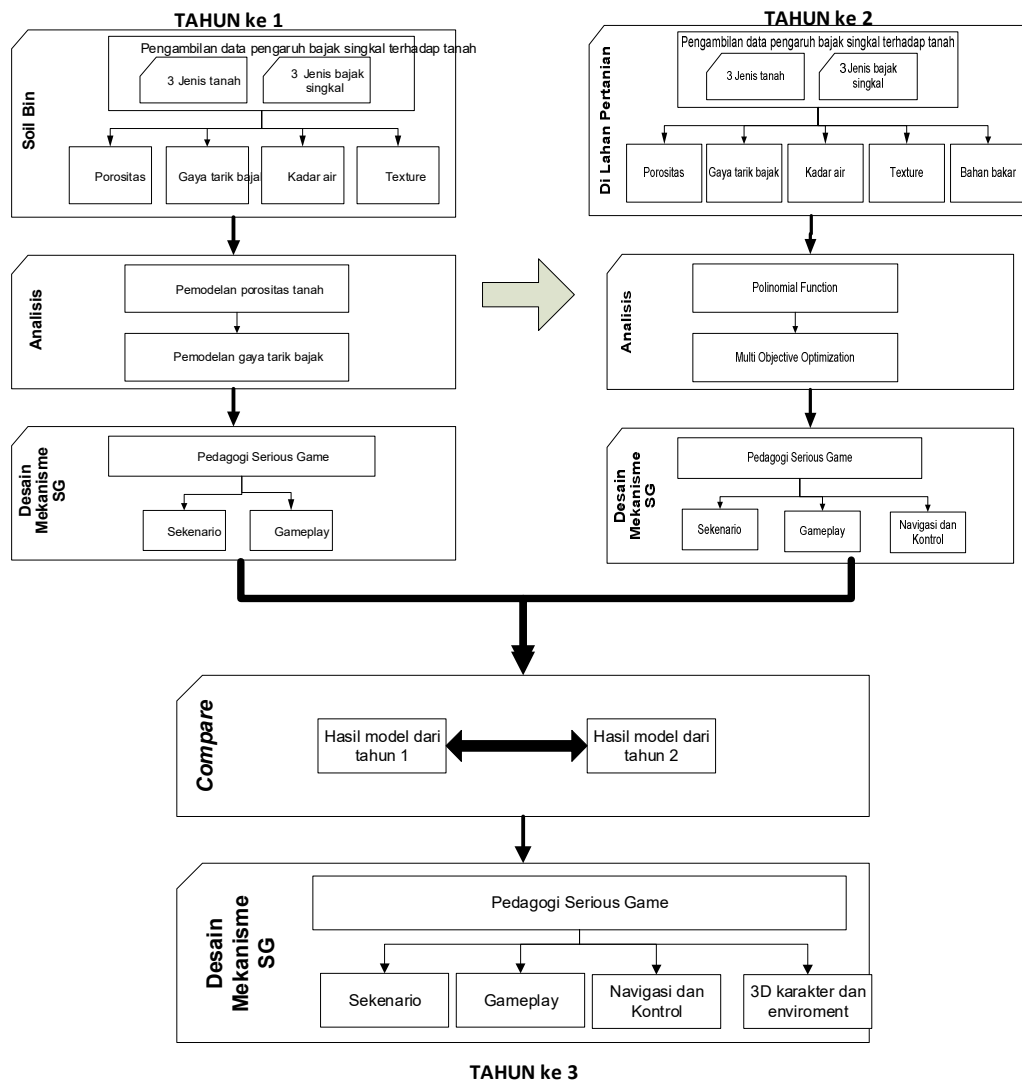
C = Kohesi tanah, Pa

A_1 = Area tanah yang diolah., m^2

B = Gaya akselerasi tanah, N

BAB 3 METODE PENELITIAN

Sesuai dengan jangka waktu penelitian selama 3 tahun, maka uraian metode penelitian selama 3 tahun seperti Gambar.3.1.



Gambar 3.1. Metode penelitian

Proses percobaan di laboratorium pada bidang mesin pertanian dilakukan di Fakultas Teknik Pertanian Universitas Gadjah Mada Yogyakarta (UGM) untuk pengambilan data tanah dengan menggunakan alat soil bin dan di Laboratorium Programm Studi Informatika UWKS untuk analisa data dan perancangan *serious game*.

Pada tahun pertama adalah desain mekanisme *serious game* pengolahan tanah dengan bajak singkal berdasarkan data hasil percobaan menggunakan *soil bin* yang kemudian dilakukan analisa menggunakan *multi linear* modeling, sebagai dasar dari

sekenario dan *gameplay serious game*, detail tahapan penelitian untuk mencapai tujuan pada tahun pertama seperti Tabel.3.1.

Tabel.3.1. Tahapan penelitian tahun pertama.

Thn	Tahap	Langkah	Indikator	Hasil Luaran	Penanggung Jawab
1	Desain mekanisme SG berdasar percobaan laboratorium				
	-Pengambilan data hasil <i>soil bin</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Pengumpulan bahan (tanah, kotak kayu, bajak mini) - Analisa laboratorium (porositas, gaya, texture, kadar air) 	<ul style="list-style-type: none"> - Terlaksananya proses running alat soil bin setelah pengkondian tanah melalui perendaman - Sampel data masuk laboratorium tanah dan mesin pertanian 	<ul style="list-style-type: none"> - Sampel data dan dokumen pelaksanaan - Dokumen hasil uji laboratoriu 	-Ketua peneliti dibantu Emmy Wahyuningtyas dengan Tim dari laboratorium mesin pertanian UGM
	- Analisa data	<ul style="list-style-type: none"> - Menggunakan polynomial function - Menggunakan MOO 	<ul style="list-style-type: none"> - Perbandingan error yang kecil - Menghasilkan error terkecil 	<ul style="list-style-type: none"> - Model polynomial function untuk pengolahan tanah dengan bajak singkal -Model MOO untuk pengolahan tanah dengan bajak singkal 	<ul style="list-style-type: none"> -Ketua peneliti dibantu Emmy Wahyuningtyas - Ketua peneliti dibantu Nia Saurina .
	- Desain mekanisme SG	- Analisa pedagogi SG	- Data kebutuhan pedagogi dapat dihasilkan	- Model pedagogi pengolahan tanah dengan bajak singkal	- Ketua peneliti dibantu Nia Saurina .
	- Desain Skenario SG	- Menentukan alur SG	- Terbentuknya sekenario SG dalam storyboard	- Storyboard jadi	
- Gameplay SG	- Rules dalam gameplay	- Terbentuknya rules gameplay	- Gameplay jadi		

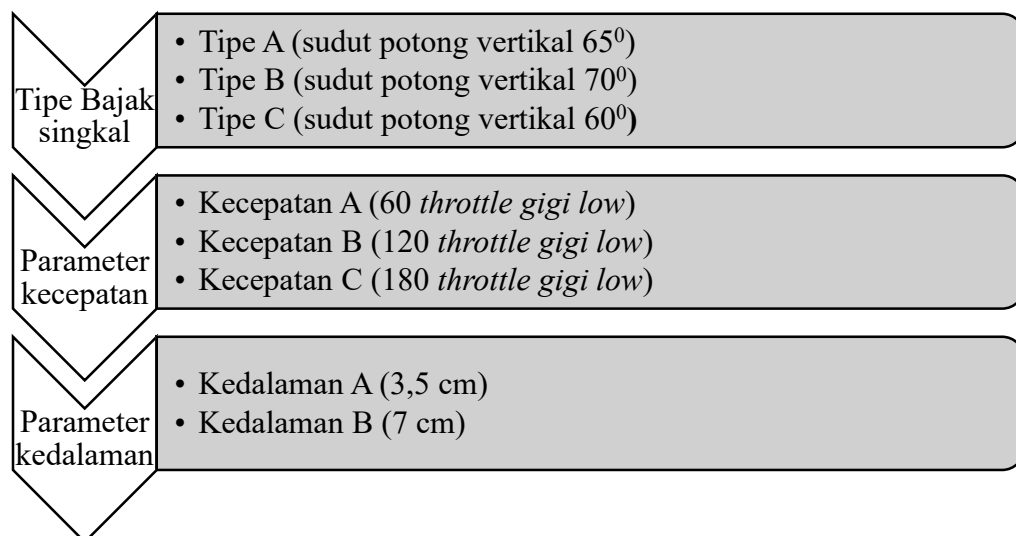
BAB 4 HASIL PERCOBAAN SOIL BIN

4.1 Pengambilan Data Tanah

Percobaan *soil bin* dilakukan di laboratorium Fakultas Teknik Pertanian Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta untuk mendapatkan data tentang perubahan porositas tanah setelah dilakukan pengolahan tanah dengan menggunakan bajak singkal. Bajak singkal yang digunakan ada tiga jenis mata bajak dengan perbedaan besar sudut potong vertikal, selain itu juga dengan kedalaman yang berbeda dalam proses pembajakannya. Untuk kecepatan bajak, berdasarkan pada penggunaan *gear/gigi* motor bajak, dimana terdapat tiga perbedaan *gear* motor bajak. Selain data porositas dihasilkan data gaya tarik bajak, yang diukur menggunakan sensor *strain gauge*, dimana hasil dari pembacaan sensor langsung bisa ditampilkan dan disimpan didalam komputer. Gaya tarik bajak tersebut menunjukkan draf spesifik bajak yang digunakan. Jenis tanah yang digunakan beserta sifat fisik awal tanah seperti kadar air, tekstur, struktur, cone index tanah dan juga kepadatan tanah dianggap sama, karena dalam persiapan tnah uji dilakukan perlakuan olah tanah yang sama.

Tanah yang digunakan termasuk dalam tekstur galuh pasiran (*sandy clay*) dengan nilai index plastisitas 7,722 %, dengan kadar air sekitar 72%. Pada percobaan *soil bin* terdapat beberapa tahapan sampai akhirnya dihasilkan data, tahap tersebut adalah :

- a. Persiapan peralatan pendukung uji *soil bin*.
- b. Persiapan tanah uji.
- c. Kalibrasi *soil bin*.
- d. Menjalankan uji *soil bin* (*running soil bin*).



Gambar.3.2 Parameter pengujian dengan *soil bin*

4.1.1 Persiapan Peralatan Pendukung Uji Soil Bin.

a. Kotak tanah dan rangka besi.

Kotak tanah terbuat dari bahan kayu berfungsi sebagai tempat tanah uji yang dimasukkan kedalam *soil bin*, sedangkan rangka besi sebagai kerangka dari kotak tanah sehingga membuat kotak tanah tidak rusak ketika dilakukan penyiraman pada tanah yang berada didalam kotak tersebut. Ukuran kotak tempat tanah adalah : lebar Kotak =52 cm, panjang kotak = 78 cm dan tinggi kotak = 30 cm. Model kotak tanah dan kerangka besi seperti pada Gambar 3.2.

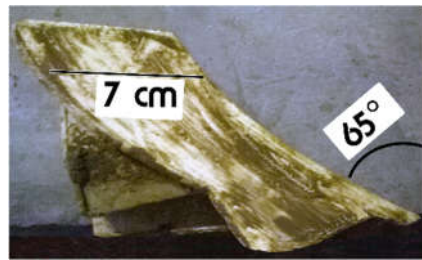


Gambar.3.3 Kotak tanah dan rangka besi sebagai pendukung dalam percobaan *soil bin*

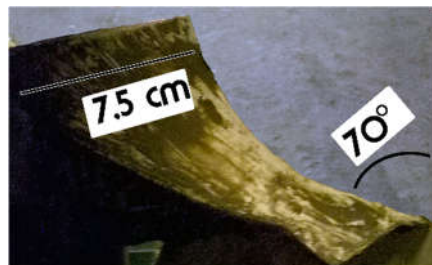
b. Bajak singkal.

Untuk mata bajak yang digunakan ditentukan tiga jenis mata bajak dengan perbedaan sudut potong vertikal dan lebar *molboard*, yaitu bajak A dengan 65° dan 7cm, bajak B dengan 70° dan 7,5cm, serta bajak C dengan 60° dan 9cm . Sudut potong vertikal bajak adalah sudut potong bajak terhadap garis yang tegak lurus dengan permukaan

tanah, sedangkan lebar molboard adalah lebar penampang sisi bajak. Mata bajak yang digunakan adalah mata bajak simulasi (mini), yang sudah sesuai dan bagian dari peralatan *soil bin*. Detail spesifikasi dari masing-masing bajak singkal yang digunakan seperti pada Gambar 3.3.



(a)



(b)



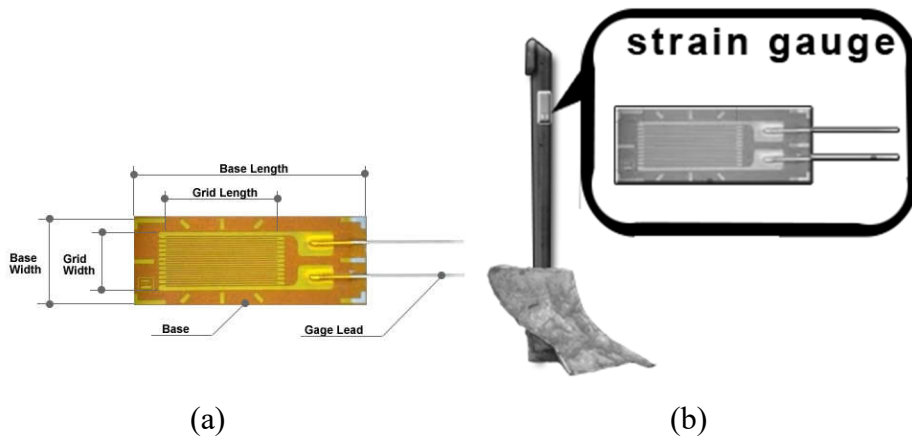
(c)

Gambar.3.3 Jenis bajak yang digunakan dalam percobaan *soil bin*, (a) Tipe bajak A, (b) Tipe bajak B, (c) Tipe bajak C

c. *Strain Gauge*.

Strain gauge adalah perangkat yang digunakan untuk mengukur regangan suatu objek. Alat ini berbentuk foil logam yang bersifat insulatif (isolasi) yang menempel pada benda yang akan di ukur tekanannya. Jika tekanan pada benda berubah, maka foilnya akan terdeformasi, dan tahanan listrik alat ini akan berubah. Perubahan tahanan listrik ini akan dimasukkan ke dalam rangkaian jembatan *wheatstone* yang selanjutnya di teruskan ke mikrokontroler sehingga data digital dapat dibaca oleh

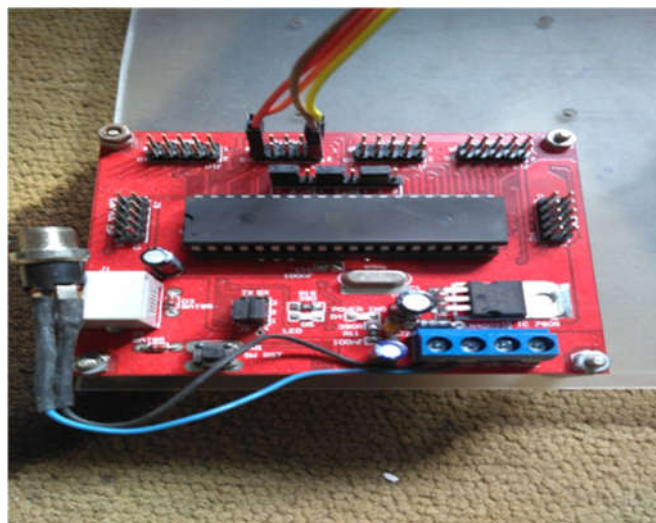
komputer. *Strain gauge* ditempelkan pada lengan besi, dimana pada lengan besi tersebut terdapat bajak singkal. *Strain gauge* yang digunakan dalam percobaan ini adalah dua buah, detail komponen *strain gauge* dan tempat menempelkannya terlihat seperti Gambar 3.4.



Gambar.3.4 (a). *Strain gauge* [xx], (b) Posisi pemasangan *strain gauge* pada batang besi bajak singkal dalam percobaan *soil bin*.

d. Mikrokontroler.

Perangkat mikrokontroler digunakan untuk melengkapi pada saat pengukuran regangan pada *soil bin* saat proses pembajakan. Perangkat ini dihubungkan dengan komputer, sehingga data regangan yang dihasilkan oleh *strain gauge* dirubah dalam bentuk digital dan dapat dibaca oleh komputer. Detail mikrokontroler yang digunakan dalam uji *soil bin* seperti gambar 3.5.



Gambar.3.5 Perangkat mikrokontroler dalam percobaan *soil bin*.

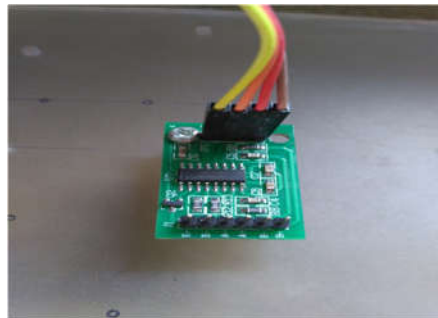
e. Jembatan *wheatstone* dan *strain amplifier*.

Jembatan *wheatstone* dipergunakan karena perubahan *strain gauge* relatif kecil sehingga diperlukan untuk memperoleh ketelitian dalam pengukuran. Karena menggunakan dua buah *strain gauge* maka jembatan *wheatstone* pada mode aktif-*dummy*. Sedangkan *strain amplifier* digunakan sebagai penguat sinyal regangan dari *strain gauge*. Detail jembatan *wheatstone* dan *strain amplifier* seperti Gambar 3.6.

Seluruh perlengkapan pendukung soil bin dipasang dalam satu peralatan uji sehingga proses uji bisa dilaksanakan. Keseluruhan peralatan uji soil bin seperti Gambar 3.7.

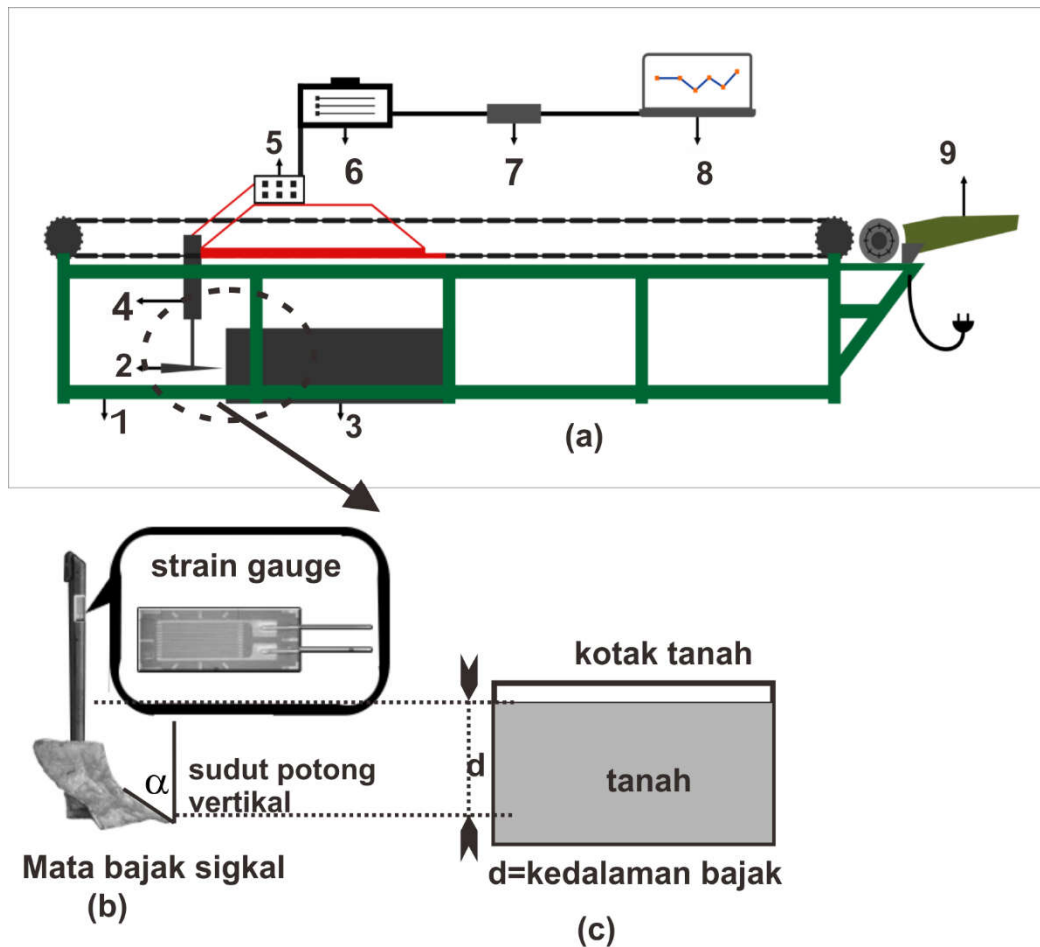


(a)



(b)

Gambar.3.7 (a).Jembatan *wheatstone*, (b). *Strain amplifier* dalam percobaan *soil bin*.



Gambar.3.8 (a).peralatan *soil bin*, (b). Letak *strain gauge*, (c). Tanah pada kotak dan kedalaman bajak singkal.

Bagian-bagian pada Gambar 3.8 (a), adalah:

1. Kerangka *soil bin*.
2. Bajak singkal.
3. Kotak tanah.
4. Batang besi penyangga mata bajak dan tempat meletakkan strain gauge.
5. Jembatan *wheatstone*.
6. *Strain amplifier*.
7. Mikrokontroler.
8. Komputer.
9. Motor penggerak bajak.

4.1.2 Persiapan Tanah Uji.

Tanah uji merupakan tanah yang diambil dari daerah Sindet Bantul Yogyakarta. Sebelum dimasukkan di kotak tanah dilakukan pemisahan tanah dari kerikil dan batu serta

menghilangkan kotoran dan gulma yang terbawa. Tanah dimasukkan kotak dengan tinggi tanah didalam kotak adalah 25 cm. Untuk mengkondisikan tanah seperti keadaan di lapangan dilakukan penyiraman sehingga terjadi kepadatan pada tanah tersebut. Penyiraman dilakukan selama tiga sampai empat minggu, seperti pada Gambar 3.8.



Gambar.3.9 Persiapan tanah uji dan dilakukan penyiraman selama tiga sampai empat minggu pada percobaan *soil bin*

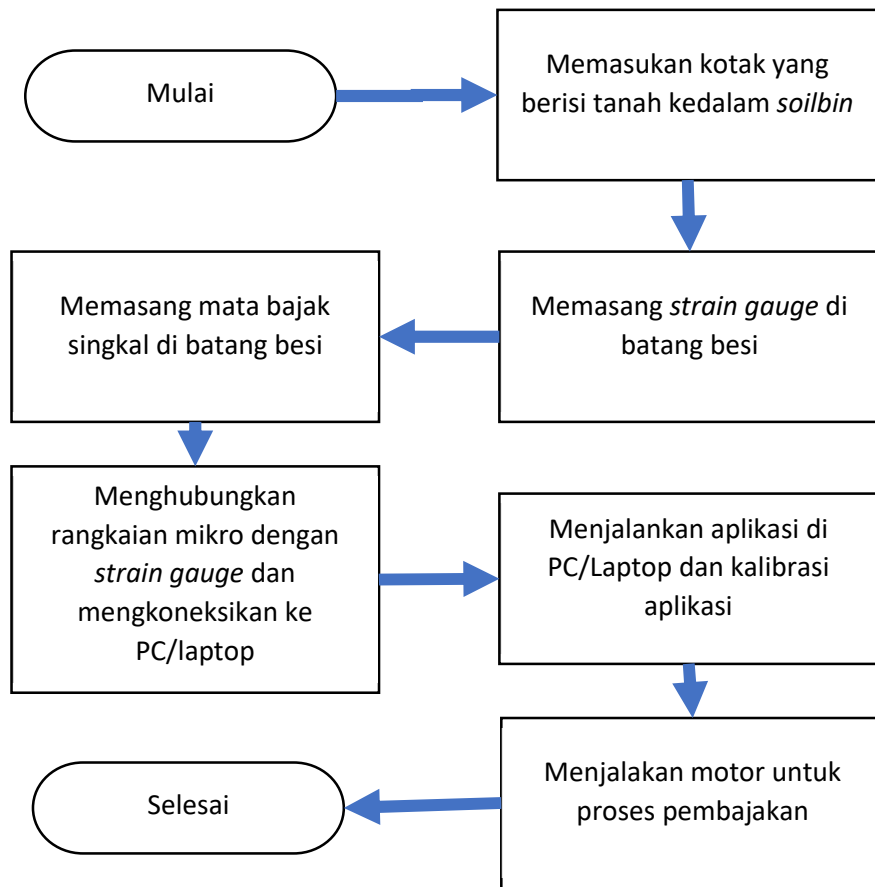
4.1.3 Kalibrasi Soil Bin.

Kalibrasi ini digunakan untuk mendapatkan hasil yang baik dari uji *soil bin*, proses kalibrasi dengan cara memberi beban pada batang besi dengan secara manual ditarik dan diukur dengan timbangan tarik digital. Proses kalibrasi telah dilakukan penelitian sebelumnya dan menghasilkan Persamaan 3.1 ;

$$y = 117,57 x + 499,82 \quad (3.1)$$

dengan x menunjukkan hasil pembacaan beban (kg) dan y menunjukkan nilai tegangan (mV), dengan nilai koefisien determinasi sebesar $R^2 = 0,9853$, pada lengan batang besi 58cm. Hasil kalibrasi tersebut sebagai acuan untuk percobaan *soil bin* yang dilakukan dalam penelitian ini.

4.1.4 Menjalankan Uji Soil Bin (*Running Soil Bin*).

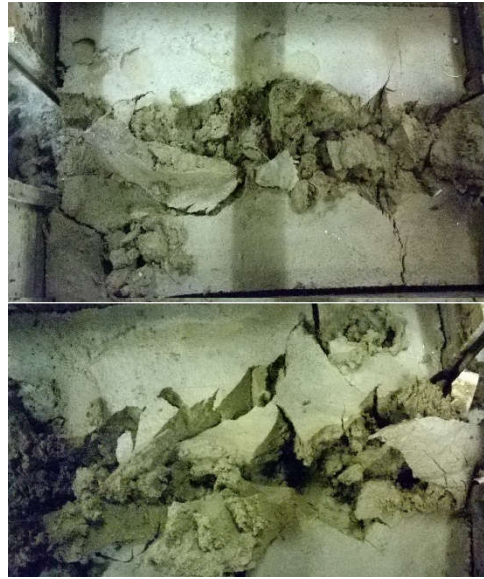


Gambar.3.10 Alur *running* uji coba pada percobaan *soil bin*

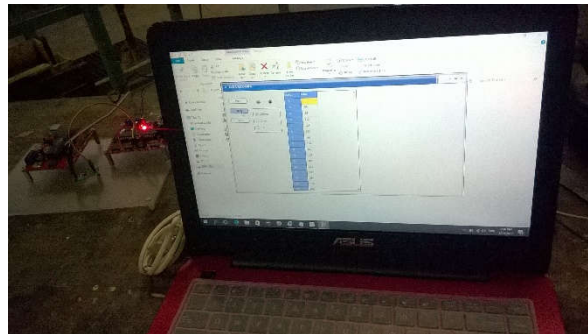
Kotak berisi tanah yang sudah dikondisikan kepadatannya, dimasukkan dalam lajur *soil bin*. Strain gauge dipasang pada batang besi dan juga memasang mata bajak singkal pada ujung batang besi. Seluruh rangkaian dari jembatan *wheatstone*, *strain amplifier* dan juga mikrokontroler dihubungkan dan dikoneksikan ke komputer.



(a)



(b)



(c)

Gambar.3.11 (a). Kotak tanah pada lajur uji *soil bin*, (b). Contoh hasil uji setelah tanah dibajak dengan bajak singkal, (c). Data dari *strain gauge* terlihat di komputer, pada saat *running soil bin*

Sebelum dilakukan uji dilakukan kalibrasi program sehingga hasil mempunyai akurasi yang tinggi. Setelah semua siap, maka motor dijalankan dan mengatur kecepatannya dengan *gear/gigi*. Proses tersebut dilakukan berulang ulang dengan mengganti kotak tanah, mata bajak dan juga kecepatan dari motor. Hasil dari gaya akan terlihat di komputer dan untuk mengetahui porositas hasil uji dilakukan uji laboratorium untuk tanah tersebut, untuk lebih jelasnya pada Gambar 3.11.

Tabel 3.2. Hasil uji *soil bin*

No	Gear/ Gigi	Tipe Bajak	Kecepatan (cm/s)	Waktu tempuh (s)	Kedalaman (cm)	Sudut potong vertikal (derajat)	Gaya (N)	Luas Penampang (cm ²)	Draft Spesifik (N/cm ²)	POROSITAS	
										sebelum	sesudah
1		C	6,808510638	11	3,5	60	105,87	31,5	3,360952381	43	44
2		A	6,808510638	10	3,5	65	68,78	26,25	2,620190476	35	38
3	1	B	6,808510638	8	3,5	70	18,04	24,5	0,736326531	41	45
4		C	6,808510638	14	7	60	221,88	63	3,521904762	38	40
5		A	6,808510638	12	7	65	105,24	52,5	2,004571429	40	43
6		B	6,808510638	11	7	70	93,08	49	1,899591837	45	49
7		C	10,16949153	8	3,5	60	118,46	31,5	3,760634921	39	43
8		A	10,16949153	7	3,5	65	70,66	26,25	2,691809524	38	44
9	2	B	10,16949153	6	3,5	70	39,01	24,5	1,592244898	40	47
10		C	10,16949153	9	7	60	314,04	63	4,984761905	45	50
11		A	10,16949153	8	7	65	187,01	52,5	3,562095238	41	48
12		B	10,16949153	7	7	70	112,74	49	2,300816327	40	48
13		C	19,91701245	4	3,5	60	173,76	31,5	5,516190476	42	50
14		A	19,91701245	3	3,5	65	101	26,25	3,847619048	42	50
15	3	B	19,91701245	2	3,5	70	48,98	24,5	1,999183673	40	50
16		C	19,91701245	4	7	60	316,64	63	5,026031746	45	55
17		A	19,91701245	4	7	65	306,3	52,5	5,834285714	36	47
18		B	19,91701245	3	7	70	225,36	49	4,599183673	40	52

BAB 5 ANANLISA DATA

5.1 Analisa Porositas Tanah

Berdasarkan hasil percobaan pada Tabel 3.2, maka dengan menggunakan menggunakan multi linear regresion dengan model *Ordinary Least Squares (OLS)*, dianalisa pengaruh antara kecepatan motor penggerak (v), kedalaman mata bajak (d), dan sudut potong mata bajak (α) terhadap porositas tanah yang disebut vareabel Y_p . Data yang digunakan seperti tabel 5.1.

Tabel 5.1. Hasil uji soil bin terhadap perubahan porositas tanah

No	Kecepatan (cm/s)	Kedalaman (cm)	Sudut potong vertikal (derajat)	Perubahan Porositas tanah
1	6,808510638	3,5	60	1
2	6,808510638	3,5	65	3
3	6,808510638	3,5	70	4
4	6,808510638	7	60	2
5	6,808510638	7	65	3
6	6,808510638	7	70	4
7	10,16949153	3,5	60	4
8	10,16949153	3,5	65	6
9	10,16949153	3,5	70	7
10	10,16949153	7	60	5
11	10,16949153	7	65	7
12	10,16949153	7	70	8
13	19,91701245	3,5	60	8
14	19,91701245	3,5	65	8
15	19,91701245	3,5	70	10
16	19,91701245	7	60	10
17	19,91701245	7	65	11
18	19,91701245	7	70	12

Dengan menggunakan pemrograman phyton dihasilkan pengaruh antara kecepatan motor penggerak (v), kedalaman mata bajak (d), dan sudut potong mata bajak (α) terhadap porositas tanah yang disebut vareabel Y_p dihasilkan seperti pada Persamaan (5.1), dengan $r^2=0.922$ atau akurasi pemodelan mencapai 95,53%.

$$Yp = 0.50v + 0.35d + 0.2589\alpha - 17.99 \quad (5.1)$$

Detail bahasa program python untuk multi linear regression dengan model *Ordinary Least Squares (OLS)* seperti pada Gambar 5.1.

```
# Mengimpor Library
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt
import pandas as pd
from sklearn import linear_model
import statsmodels.api as sm
from sklearn.model_selection import train_test_split

# Mengimpor dataset dari Lokal
dataset = pd.read_excel("DataDasar.xlsx", engine='openpyxl')
dataset = dataset[['Kecepatan', 'Kedalaman', 'Sudut potong', 'Por perubahan']]
X = dataset.iloc[:, 0:3].values
Y = dataset.iloc[:, -1].values

x_train, x_test, y_train, y_test = train_test_split(X, Y, test_size=0.2, random_state=4)

# menggunakan sklearn
regr = linear_model.LinearRegression()
regr.fit(X, Y)

print('Intercept: \n', regr.intercept_)
print('Coefficients: \n', regr.coef_)
scorex=regr.score(x_test, y_test)
print('Score: \n', scorex)
print('Model mendapatkan accuracy score sebesar =\n',scorex*100)

# Prediksi menggunakan sklearn
New_kecepatan = 35 #untuk kecepatan motor
New_kedalaman = 5 #untuk kedalaman
New_sudut = 65 #untuk sudut potong

print ('Prediksi Porositas: \n', regr.predict([[New_kecepatan ,New_kedalaman,New_sudut]]))

# menggunakan statsmodels
X = sm.add_constant(X)

model = sm.OLS(Y, X).fit()
predictions = model.predict(X)

print_model = model.summary()
print(print_model)
```

Gambar 5.1. Code python multi linear regression dengan model *Ordinary Least Squares (OLS)*, untuk mencari model porositas tanah.

Dari code python pada Gambar 5.1. setelah di jalankan menghasilkan seperti Gambar 5.2 sebagai dasar terbentuknya model matematis pada Persamaan (5.1).

```

Intercept:
-17.938457829872096
Coefficients:
[0.49867731 0.34920635 0.25      ]
Score:
0.9553469407246936
Model mendapatkan accuracy score sebesar =
95.53469407246936
Prediksi Porositas:
[17.51127994]

=====
                        OLS Regression Results
=====
Dep. Variable:          y      R-squared:                0.922
Model:                  OLS    Adj. R-squared:           0.906
Method:                  Least Squares    F-statistic:              55.39
Date:                    Sat, 23 Oct 2021    Prob (F-statistic):       5.19e-08
Time:                    23:54:48    Log-Likelihood:           -23.151
No. Observations:       18    AIC:                      54.30
Df Residuals:           14    BIC:                      57.86
Df Model:                3
Covariance Type:        nonrobust
=====
                        coef      std err          t      P>|t|      [0.025      0.975]
-----
const                -17.9385      3.834      -4.679      0.000     -26.162     -9.715
x1                    0.4987      0.042     11.846      0.000      0.408      0.589
x2                    0.3492      0.134      2.611      0.021      0.062      0.636
x3                    0.2500      0.057      4.361      0.001      0.127      0.373
=====
Omnibus:                1.910    Durbin-Watson:           0.899
Prob(Omnibus):          0.385    Jarque-Bera (JB):        1.014
Skew:                   -0.140    Prob(JB):                 0.602
Kurtosis:               1.871    Cond. No.                 1.09e+03
=====

```

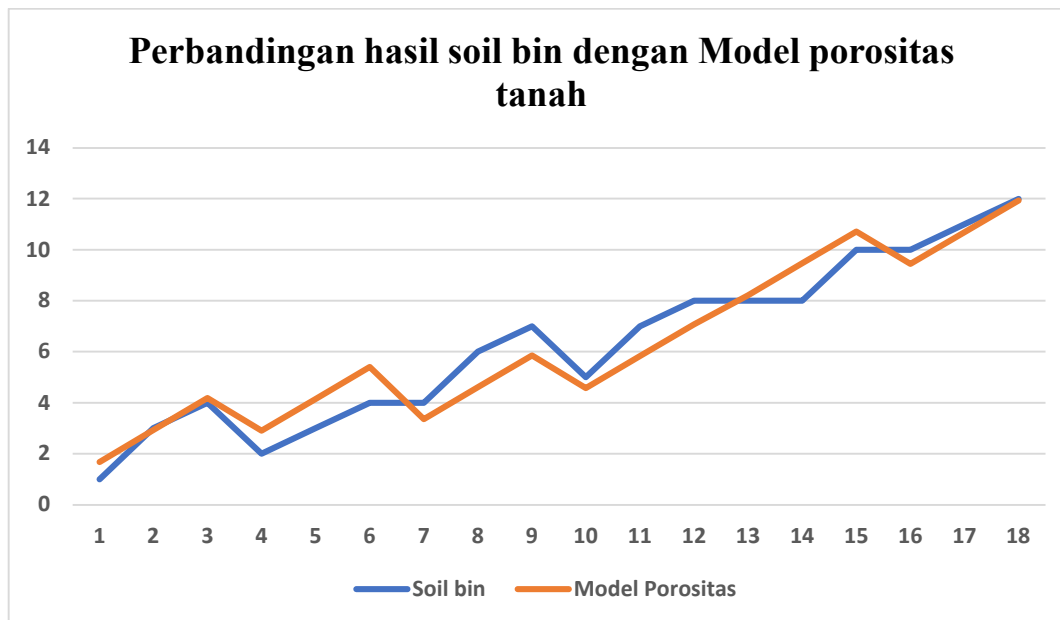
Gambar 5.2. Hasil code python multi linear regression dengan model *Ordinary Least Squares (OLS)*, untuk mencari model porositas tanah.

Dari model pada Persamaan (5.1), dilakukan uji coba dengan memasukkan data yang sama seperti data percobaan dan dihasilkan seperti Tabel 5.2. dengan grafik perbandingan pada Gambar 5.3.

Tabel 5.2. Hasil uji model Persamaan (5.1)

No	Kecepatan (cm/s)	Kedalaman (cm)	Sudut potong vertikal (derajat)	Perubahan Porositas tanah
1	6,808510638	3,5	60	1,68
2	6,808510638	3,5	65	2,93
3	6,808510638	3,5	70	4,18
4	6,808510638	7	60	2,90

5	6,808510638	7	65	4,15
6	6,808510638	7	70	5,40
7	10,16949153	3,5	60	3,36
8	10,16949153	3,5	65	4,61
9	10,16949153	3,5	70	5,86
10	10,16949153	7	60	4,58
11	10,16949153	7	65	5,83
12	10,16949153	7	70	7,08
13	19,91701245	3,5	60	8,22
14	19,91701245	3,5	65	9,47
15	19,91701245	3,5	70	10,72
16	19,91701245	7	60	9,44
17	19,91701245	7	65	10,69
18	19,91701245	7	70	11,94



Gambar 5.3. Grafik hasil perbandingan soil bin dengan model porositas tanah.

5.2 Analisa Gaya tarik bajak singkal.

Berdasarkan hasil percobaan pada Tabel 3.2, maka dengan menggunakan menggunakan multi linear regresi dengan model *Ordinary Least Squares (OLS)*, dianalisa pengaruh antara kecepatan motor penggerak (v), kedalaman mata bajak (d), dan sudut

potong mata bajak (α) terhadap gaya tarik bajak yang disebut vareabel Yg . Data yang digunakan seperti tabel 5.3.

Tabel 5.3. Hasil uji soil bin terhadap perubahan gaya tarik bajak

No	Kecepatan (<i>cm/s</i>)	Kedalaman (<i>cm</i>)	Sudut potong vertikal (<i>derajat</i>)	Gaya Tarik (<i>N</i>)
1	6,808510638	3,5	60	105,87
2	6,808510638	3,5	65	68,78
3	6,808510638	3,5	70	18,04
4	6,808510638	7	60	221,88
5	6,808510638	7	65	105,24
6	6,808510638	7	70	93,08
7	10,16949153	3,5	60	118,46
8	10,16949153	3,5	65	70,66
9	10,16949153	3,5	70	39,01
10	10,16949153	7	60	314,04
11	10,16949153	7	65	187,01
12	10,16949153	7	70	112,74
13	19,91701245	3,5	60	173,76
14	19,91701245	3,5	65	101
15	19,91701245	3,5	70	48,98
16	19,91701245	7	60	316,64
17	19,91701245	7	65	306,3
18	19,91701245	7	70	225,36

Dengan menggunakan pemrograman phyton dihasilkan pengaruh antara kecepatan motor penggerak (v), kedalaman mata bajak (d), dan sudut potong mata bajak (α) terhadap gaya tarik bajak yang disebut vareabel Yg dihasilkan seperti pada Persamaan (5.2), dengan $r^2=0.895$ atau akurasi pemodelan mencapai 89,25%.

$$Yg = 6.78v + 36.12d - 11.89\alpha + 645.80 \quad (5.2)$$

Detail bahasa program python untuk model multi linear regression dengan *Ordinary Least Squares (OLS)* untuk mencari pemodelan gaya tarik seperti pada Gambar 5.4.

```
# Mengimpor Library
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt
import pandas as pd
from sklearn import linear_model
import statsmodels.api as sm
from sklearn.model_selection import train_test_split

# Mengimpor dataset
dataset = pd.read_excel("DataDasar.xlsx", engine='openpyxl')
dataset = dataset[['Kecepatan', 'Kedalaman', 'Sudut potong', 'Gaya']]
X = dataset.iloc[:, 0:3].values
Y = dataset['Gaya']

x_train, x_test, y_train, y_test = train_test_split(X, Y, test_size=0.2, random_state=4)

# Menggunakan sklearn
regr = linear_model.LinearRegression()
regr.fit(X, Y)

print('Intercept: \n', regr.intercept_)
print('Coefficients: \n', regr.coef_)
scorex=regr.score(x_test, y_test)
print('Score: \n', scorex)
print('Model mendapatkan accuracy score sebesar =\n',scorex*100)

# Prediksi menggunakan sklearn
New_kecepatan = 35 #kecepatan baru
New_kedalaman = 5 #kedalaman baru
New_sudut = 65 #sudut baru

print ('Prediksi Gaya: \n', regr.predict([[New_kecepatan ,New_kedalaman,New_sudut]]))

# Menggunakan statsmodels
X = sm.add_constant(X) # adding a constant

model = sm.OLS(Y, X).fit()
predictions = model.predict(X)

print_model = model.summary()
print(print_model)
```

Gambar 5.4. Code python multi linear regression dengan model *Ordinary Least Squares (OLS)*, untuk mencari model gaya tarik bajak.

Dari code python pada Gambar 5.4. setelah di jalankan menghasilkan seperti Gambar 5.5 sebagai dasar terbentuknya model matematis gaya tarik bajak pada Persamaan (5.2).

Dari model pada Persamaan (5.2), dilakukan uji coba dengan memasukkan data yang sama seperti data percobaan dan dihasilkan seperti Tabel 5.5. dengan grafik perbandingan pada Gambar 5.3.

Tabel 5.4. Hasil uji model Persamaan (5.2) gaya tarik bajak singkal

No	Kecepatan (cm/s)	Kedalaman (cm)	Sudut potong vertikal (derajat)	Gaya tarik (N)
1	6,808510638	3,5	60	104,95
2	6,808510638	3,5	65	45,50
3	6,808510638	3,5	70	13,95
4	6,808510638	7	60	231,37
5	6,808510638	7	65	171,91
6	6,808510638	7	70	112,46
7	10,16949153	3,5	60	127,75
8	10,16949153	3,5	65	68,29
9	10,16949153	3,5	70	8,84
10	10,16949153	7	60	254,16
11	10,16949153	7	65	194,71
12	10,16949153	7	70	135,25
13	19,91701245	3,5	60	193,85
14	19,91701245	3,5	65	134,39
15	19,91701245	3,5	70	74,94
16	19,91701245	7	60	320,26
17	19,91701245	7	65	260,81
18	19,91701245	7	70	201,36

```

Intercept:
645.8075689247245
Coefficients:
[ 6.78142099 36.1184127 -11.89066667]
Score:
0.8926003453986103
Model mendapatkan accuracy score sebesar =
89.26003453986104
Prediksi Gaya:
[290.85603374]

```

OLS Regression Results

```

=====
Dep. Variable:          Gaya      R-squared:                0.895
Model:                  OLS      Adj. R-squared:           0.872
Method:                 Least Squares  F-statistic:              39.61
Date:                   Sun, 24 Oct 2021  Prob (F-statistic):       4.32e-07
Time:                   09:32:31   Log-Likelihood:           -86.918
No. Observations:      18        AIC:                      181.8
Df Residuals:          14        BIC:                      185.4
Df Model:               3
Covariance Type:      nonrobust
=====

```

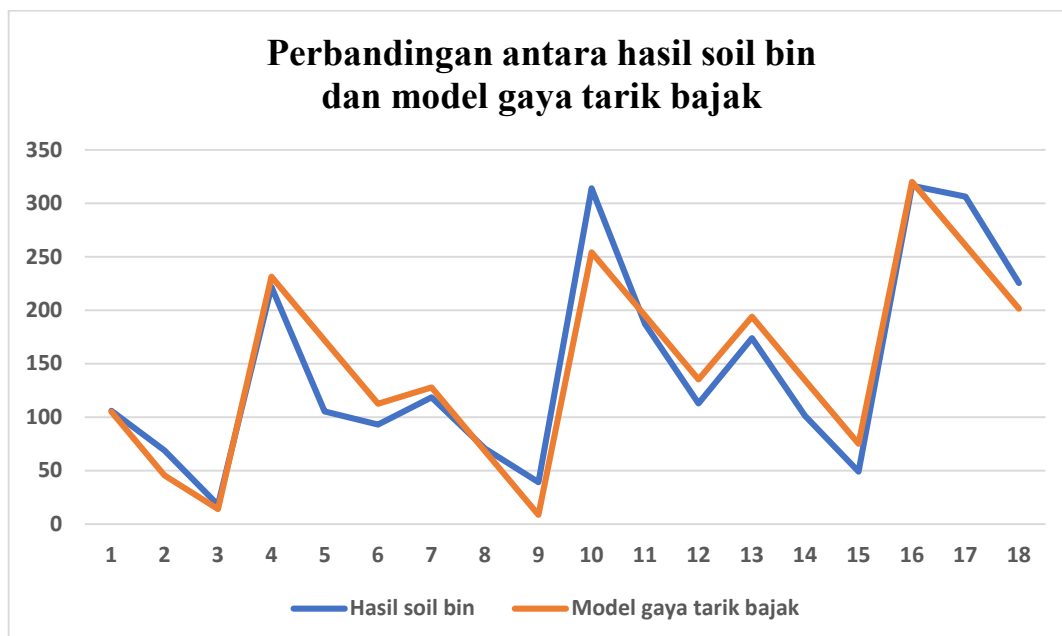
	coef	std err	t	P> t	[0.025	0.975]
const	645.8076	132.496	4.874	0.000	361.633	929.982
x1	6.7814	1.455	4.661	0.000	3.661	9.902
x2	36.1184	4.621	7.815	0.000	26.206	46.030
x3	-11.8907	1.981	-6.002	0.000	-16.140	-7.642

```

=====
Omnibus:                0.119   Durbin-Watson:           1.098
Prob(Omnibus):          0.942   Jarque-Bera (JB):        0.046
Skew:                   0.031   Prob(JB):                 0.978
Kurtosis:               2.762   Cond. No.                 1.09e+03
=====

```

Gambar 5.5. Hasil code python multi linear regression dengan model *Ordinary Least Squares (OLS)*, untuk mencari model gaya tarik bajak.



Gambar 5.6. Grafik hasil perbandingan soil bin dengan model gaya tarik bajak.

BAB 6 DESAIN MEKANISME *SERIOUS GAME* PENGOLAHAN TANAH

Dengan mengacu proses pengolahan tanah dan tujuan *serious game* sebagai media pembelajaran, maka dalam desain mekanisme *serious game* memperhatikan beberapa hal sebagai berikut:

- a. **Sistem permainan** dimana mekanisme permainan digunakan untuk menjelaskan bagaimana pemain berinteraksi dalam struktur permainan seperti alur dan skenario permainan. Dengan adanya alur dan skenario permainan akan membawa pemain sampai akhir suatu permainan. Model struktur formal di bagi menjadi, tindakan pemain, metode permainan dan prosedur untuk tindakan pemain. Jadi mekanisme permainan merupakan pola aturan yang dirancang di setiap bagian dari sistem yang mencakup serangkaian interaksi unik selama permainan, dimana dalam berinteraksi bisa terjadi mekanisme umpan balik kepada pemain
- b. **Konsep pembelajaran** mengacu pada tujuan merubah perilaku pemain yang merupakan bagian dari proses ketika menggunakan sistem permainan karena secara implisit pemain memahami dari proses pembelajaran yang dilakukan dengan cara bermain, dengan adanya proses tersebut akan terbentuknya perubahan perilaku pemain secara permanen akibat dari pengalaman bermain, yang disebut dengan keberhasilan pembelajaran

Dalam sistem permainan dan konsep pembelajaran merupakan sebuah perpaduan yang bertujuan untuk memberikan sebuah interaksi dengan pemain sehingga terbentuknya perilaku pemain yang diakibatkan oleh proses permainan. Keadaan tersebut juga didukung oleh omersifitas dari *serious game*. *Immersive Serious Game (ISG)* dalam klasifikasi sebagai media pembelajaran dengan memberikan umpan balik kinerja permainan sehingga mampu meningkatkan pengalaman belajar bagi penggunanya serta meningkatkan keterlibatan pemain (*engagement player*) dan pemain bisa *immersive* dalam permainnya. Desain immersifitas dalam penelitian ini yang merupakan bagian dari mekanisme *serious game* merupakan immersif parsial dengan menggunakan pendekatan berbasis data hasil percobaan *soil bin*.

6.1 Immersifitas Dalam Mekanisme *Serious Game* Pengolahan Tanah

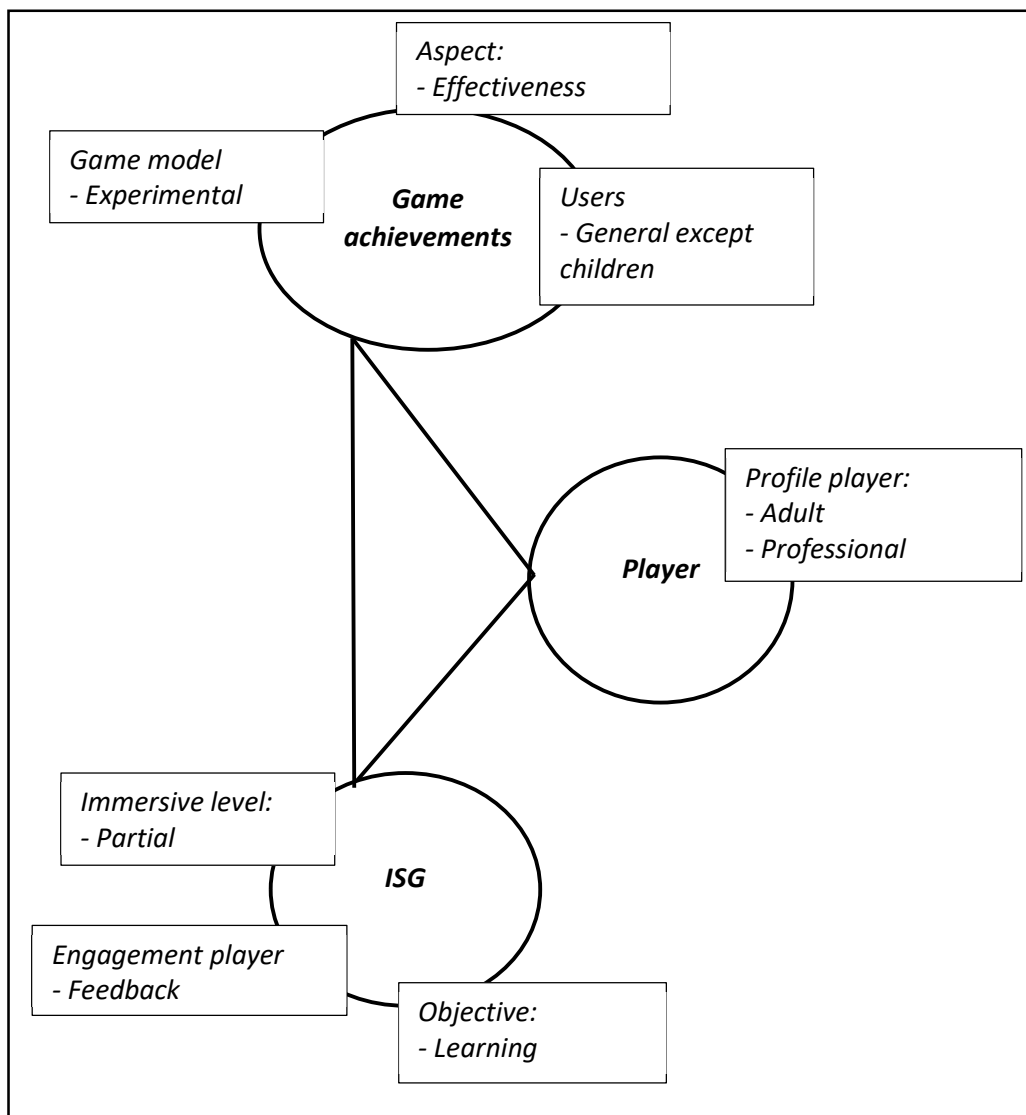
Engagement merupakan bagian pertama dalam keterlibatan pemain dalam permainan, melalui kontrol yang dapat diakses oleh pemain atau alur permainan yang sesuai. Dalam desain ISG ini engagement dibuat berdasarkan alur permainan yaitu berupa skenario permainan. Dengan adanya alur yang menunjukkan arah ke nilai tertentu yang diharapkan muncul engagement atau titik dimana emosi pemain menjadi terpengaruh oleh permainan, karena dengan emosi yang terpengaruh akan terciptanya pengalaman lebih bagi pemain dan tercapainya media *serious game* ini menjadi belajar pengolahan tanah dengan bajak singkal.

Dalam klasifikasinya level dari immersifitasnya merupakan level parsial, karena masih belum mendesain tentang user interfaces dan pemodelan karakter serta environment. Dengan memasukkan umpan balik (*feedback*) bertujuan untuk meningkatkan kinerja (*performance*) *serious game* yang secara langsung berpengaruh kepada pemainnya. Objektifitas dari permainan *serious game* ini adalah untuk media belajar (*learning*), yang dalam penelitian ini masih terbatas pada belajar pengoperasian alat untuk pengolahan bajak singkal dengan fitur kecepatan motor bajak, sudut potong vertikal mata bajak dan kedalaman pembajakan dengan tujuan mencapai porositas tanah dan gaya tarik bajak yang sesuai. Untuk klasifikasi pemain adalah pemain pemuda, dewasa dan profesional, karena bertujuan untuk pembelajaran sehingga sisi kesenangan dalam permainan tidak diutamakan. Pemain dalam penggunaan *serious game* ini mempunyai aspek capaian yaitu tercapainya nilai efektif yang merupakan nilai objektifitas berdasarkan perhitungan dari model, yang merupakan data hasil percobaan nyata dengan *soil bin*, sehingga dalam permainannya juga berbentuk sebuah experimental dengan tujuan jika pemain belum pernah memakai bajak singkal akan dengan mudah memakai dan belajar, sedangkan target pengguna adalah pengguna umum selain anak-anak karena dalam permainan tidak mengedepankan kesenangan. Detail klasifikasi *serious game* dalam penelitian ini seperti Gambar 6.1.

6.2 Alur Permainan

Desain alur permainan mengacu pada model porositas tanah dan gaya tarik bajak singkal berdasarkan pada percobaan *soil*. Dengan banyak strategi yang muncul merupakan

pilihan bagi pemain. Pilihan tersebut dihasilkan dengan menjalankan algoritma dari pemodelan, sehingga nilai porositas tanah dan gaya tarik bajak dari permainan akan tetap dipertahankan. Selain itu dengan konsep bahwa *serious game* bukanlah sebuah permainan yang mengutamakan kesenangan tetapi ada tujuan khusus yang dalam hal ini adalah bertujuan untuk pembelajaran pengolahan tanah dengan bajak singkal, tetapi jika terlalu fokus pada tujuan dengan mengabaikan permainan juga bukan merupakan *serious game*, maka dengan adanya pilihan strategi tersebut bisa menjadi sisi nilai yang bisa dijadikan skenario permainan.



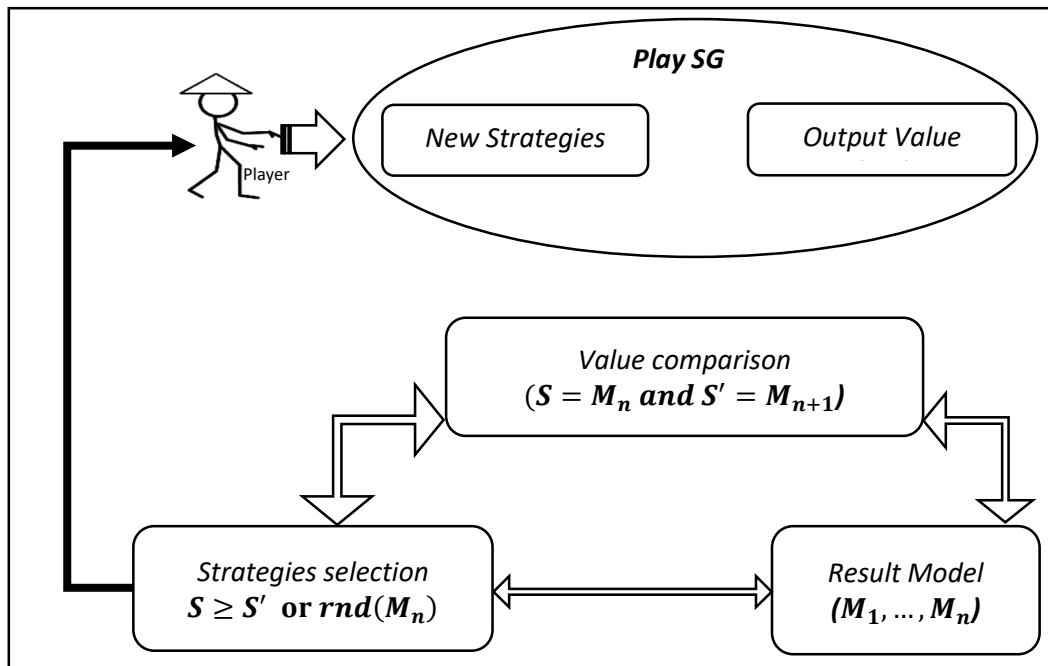
Gambar 6.1 Klasifikasi ISG untuk pengolahan tanah dengan bajak singkal.

Setiap pilihan dari pemain terhadap strategi yang dilakukan memiliki nilai balik yang mempengaruhi pemilihan strategi berikutnya dalam memainkan game. Strategi yang berdasarkan data tidaklah hanya mengacu satu data atau bertujuan menyamakan data secara total, supaya terjadinya keterlibatan pemain secara lebih mendalam. Dengan terlibat dalam strategi terbaik bisa menciptakan lebih banyak tantangan karena ada banyak pilihan strategis yang digunakan, sehingga pemain akan dapat menciptakan lebih banyak pengalaman saat bermain. Pengalaman ini muncul secara intrinsik dari proses permainan, atau secara tidak sadar karena pencapaian dari sisi immersifitas, pengalaman muncul karena ketika permainan pada saat yang sama memiliki pemain mendapatkan proses pembelajaran. Desain keterlibatan pemain dalam *serious game* untuk pengolahan lahan pertanian dengan menggunakan bajak singkal dalam penelitian ditunjukkan pada Gambar 6.2.

Diawal permainan pemain masih menggunakan strategi murni yang merupakan strategi pemain itu sendiri, sehingga baik pemain profesional ataupun belum profesional bisa menjalankan permainan dengan mudah, karena strategi murni akan langsung di bandingkan dengan strategi yang termasuk strategi berdasarkan model porositas atau gaya tarik bajak. Ketika permainan berlangsung, pemain menggunakan strategi baru yang merupakan hasil dari pemilihan strategi setelah membandingkan *output* yang telah diterapkan, kecuali pada awal permainan strategi berdasarkan pengetahuan awal pengguna atau strategi murni. Setiap output dibandingkan dengan nilai model yang telah disimpan dalam *output*, jika tidak dalam data hasil model maka pilihan strategi dipilih secara acak, dan jika output dalam data Model maka nilai yang lebih besar atau sama yang dipilih, dinotasikan dengan,

$$S \geq S' \text{ atau } rnd(M_n) \quad (6.1)$$

Dimana S' adalah strategi dari S adalah strategi baru untuk setiap nilai M dengan $n = \{0, 1, \dots, i\}$ untuk nilai i adalah banyaknya nilai hasil model.



Gambar 6.2 Alur permainan untuk pengolahan tanah dengan bajak singkal.

6.3 Desain *Serious Game* Menggunakan HFSM

Berdasarkan hasil percobaan *soil bin* parameter dibuat kondisi permainan sebagai berikut :

- Terdapat 3 kecepatan dalam pembajakan.
- Terdapat 3 sudut potong vertikal bajak singkal.
- Terdapat 2 level kedalaman bajak.
- Hasil dari porositas tanah dan gaya tarik bajak minimal harus sama atau lebih besar dari rata-rata hasil percobaan *soil bin*.

Selain itu, kecepatan motor bajak, sudut potong vertikal dan kedalaman pembajakan dapat disebut sebagai strategi di mana jika kecepatan motor bajak dinotasikan sebagai strategi $a = \{a_1, \dots, a_i\}$, b adalah sudut potong vertikal dengan $b = \{b_1, \dots, b_i\}$ dan c kedalaman bajak dengan strategi $c = \{c_1, \dots, c_i\}$, semua itu merupakan himpunan strategi S dari sejumlah strategi i , dengan $S = \{s_1 \dots s_i\}$. Dengan kata lain, s_i akan selalu mengacu pada himpunan strategi dalam S , dengan kemungkinan setiap pemain memiliki lebih dari satu strategi dimana dengan M adalah nilai hasil untuk porositas dan gaya bajak dengan kemungkinan n hasil dinotasikan,

$$U_n = \{Sa_i, Sb_i, Sc_i\} \quad (6.2)$$

Untuk memperjelas strategi maka digunakan model matrik *payoff/outcomes* seperti Tabel 6.1.

Tabel 6.1. Model matrik payoff/oucomes *serious game*.

		Kedalaman bajak (c_1)			Kedalaman bajak (c_i)		
		Sudut potong vertikal			Sudut potong vertikal		
		b_1	$b_{...}$	b_i	b_1	$b_{...}$	b_i
		Kecepatan motor bajak	a_1	M_{a_1,b_1,c_1}	$M_{...}$	$M_{...}$	$M_{...}$
	$a_{...}$	$M_{...}$	$M_{...}$	$M_{...}$	$M_{...}$	$M_{...}$	$M_{...}$
	a_i	$M_{...}$	$M_{...}$	$M_{...}$	$M_{...}$	$M_{...}$	M_{a_i,b_i,c_i}

Secara umum untuk rules , nilai hasil $M_n \geq M_{n+1}$ adalah nilai yang membuat setiap pemain setidaknya sama baiknya atau setidaknya satu pemain lebih baik, untuk semua strategi bisa dinotasikan,

$$\forall (S_{a_1}, S_{b_1}, S_{c_1}), \dots, (S_{a_{i-1}}, S_{b_{i-1}}, S_{c_{i-1}}), (S_{a_{i+1}}, S_{b_{i+1}}, S_{c_{i+1}}), \dots, (S_{a_n}, S_{b_n}, S_{c_n}) \quad (6.3)$$

Dimana M_n adalah nilai model untuk porositas M_p dan gaya tarik bajak M_f , dengan kondisi,

$$M_n = M_p \text{ atau } M_f \begin{cases} M_n(\dots, S_i, \dots) \geq M_n(\dots, S'_i, \dots) \\ \text{dan} \\ M_n(\dots, S_i, \dots) > M_n(\dots, S'_i, \dots) \end{cases} \quad (6.4)$$

Dengan kondisi bahwa ,

$$M_p \geq \sum_1^i \frac{p_i}{i} \quad (6.5)$$

$$M_f \geq \sum_1^i \frac{f_i}{i} \quad (6.6)$$

Sehingga didalam *serious game* dengan model porositas dan gaya tarik bajak,

- a. Pada profile strategi S yang mendominasi, tidak ada pemain yang mendapatkan hasil yang lebih buruk dari nilai strategi S dibandingkan nilai strategi S' , atau $M_i(S) \geq M_i(S')$ untuk semua nilai i atau jumlah strategi, atau setidaknya satu agen mendapat hasil yang lebih baik dengan S dibandingkan dengan S' , atau $M_i(S) > M_i(S')$ setidaknya salah satu nilai i .
- b. Pada profile strategi S yang tidak ada yang mendominasi jika dalam permainan ini setidaknya ada satu nilai yang termasuk bagian dari model atau sesuai dengan strategi murni atau strategi awal yang direncanakan.

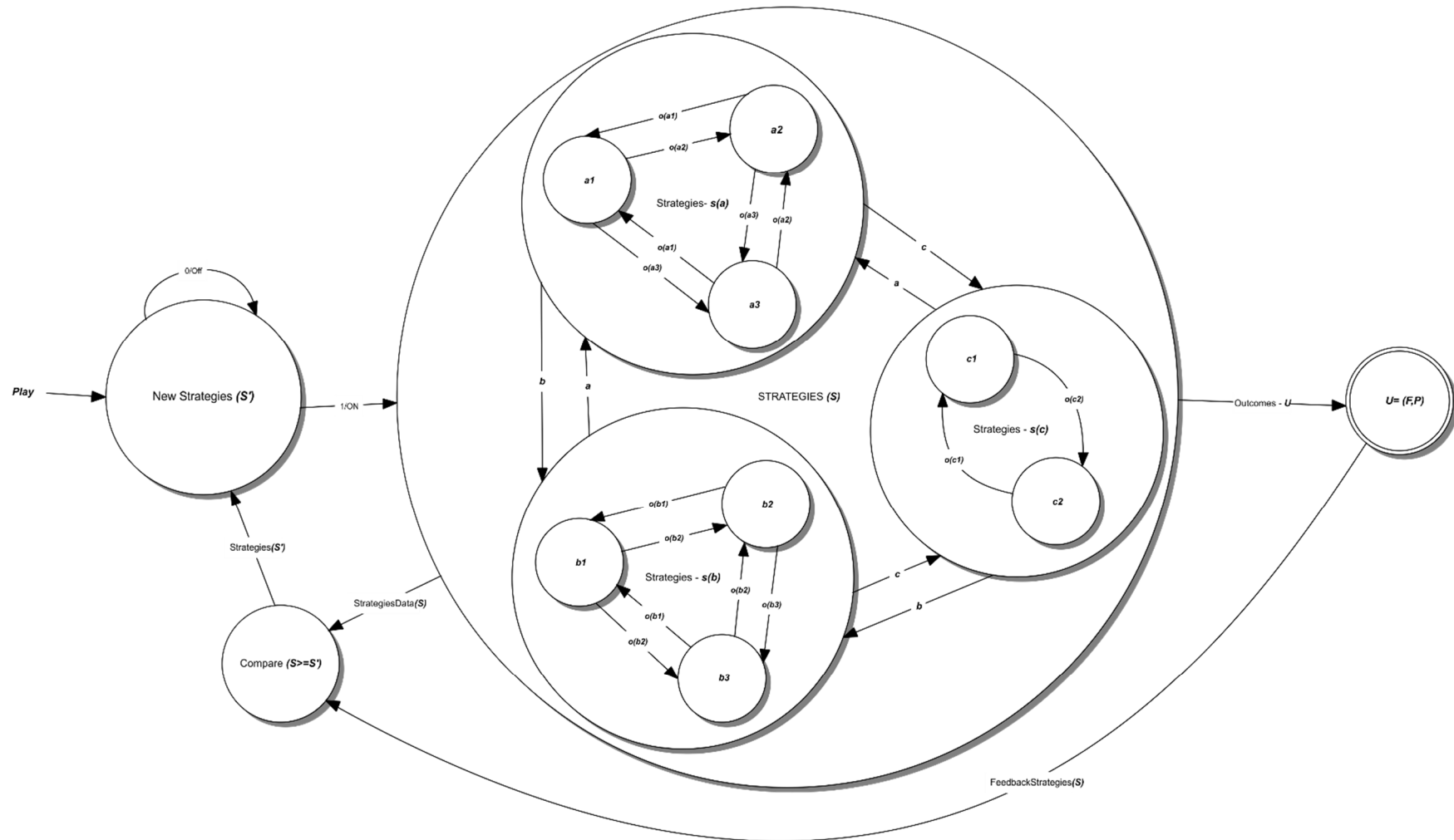
Dengan menggunakan model dan berdasarkan hasil percobaan soil bin, diimplementasikan matrik *payoff/outcomes* untuk serious game seperti Tabel 6.2. Hasil rata-rata dari percobaan *soil bin* untuk nilai porositas adalah 46,8 dan gaya tarik bajak adalah 145,94, sehingga untuk nilai *outcomes* yang termasuk nilai *pemodelan* adalah yang di arsir dalam hasil matrik, Tabel 6.2 yang merupakan nilai yang memenuhi kondisi berdasarkan percobaan . Nilai untuk kondisi model dalam kasus ini adalah dimana salah satu porositas atau gaya tarik bajak lebih besar atau sama dengan rata-rata hasil percobaan *soil bin*. Dengan kata lain, porositas lebih besar atau sama dengan 46,8, atau gaya tarik bajak lebih besar atau sama dengan 145,94. Strategi yang digunakan dalam *serious game* tersebut masih menggunakan strategi murni, karena data awal merupakan data hasil percobaan dan belum terjadi proses learning dari matrik *outcomes*.

Tabel 6.2 Matrik *payoff/outcomes* berdasarkan hasil percobaan *soil bin*

		Kedalaman bajak ($c_1=3,5$)			Kedalaman bajak ($c_2=7$)		
		Sudut potong vertikal			Sudut potong vertikal		
		$b_1=60$	$b_2=65$	$b_3=70$	$b_1=60$	$b_2=65$	$b_3=70$
	$a_1=6,8$	105,87 44	68,78 37,9	18,04 45	221,88 40	105,24 42,9	93,08 49

Kecepatan motor bajak	$a_2=10,2$	118,46 42,9	70,66 44	39,01 46,9	314,04 49,9	187,01 48	112,74 48
	$a_3=19,9$	173,76 50	101 50	48,98 50	316,64 55	306,30 47	225,36 52

Desain *serious game* menggunakan HFSM Gambar 6.3, berdasarkan alur desain keterlibatan pemain dengan adanya pilihan strategi sesuai model dan nilai balik ke pemain. HFSM dimulai dengan state strategi baru (S'), strategi baru dijalankan sebagai strategi (S) dalam *state* hierarki, berdasarkan *state* hierarki kecepatan motor bajak $s(a)$ dengan *substate* (a_1, a_2, a_3), *state* sudut potong vertikal $s(b)$ dengan *substate* (b_1, b_2, b_3) dan *state* kedalaman bajak $s(c)$ dengan *substate* (c_1, c_2), *output* dari hirarki *state* strategi (S) adalah hasil atau *outcomes* (U) nilai-nilai tersebut dibandingkan dengan hasil matrik *payoff* Tabel 6.2, yang merupakan nilai porositas dan gaya tarik bajak $U = (F, P)$. Nilai U yang merupakan hasil dari strategi S termasuk dalam *state compare*, untuk membandingkan nilai U dengan kondisi bahwa strategi yang akan dilaksanakan harus lebih baik atau sama dengan strategi yang terdapat dalam data, karena strategi baru untuk dilaksanakan adalah strategi berdasarkan acuan model porositas tanah dan gaya tarik bajak singkal.



Gambar 6.3 HFSM *Serious Game* untuk pengolahan tanah menggunakan bajak singkal

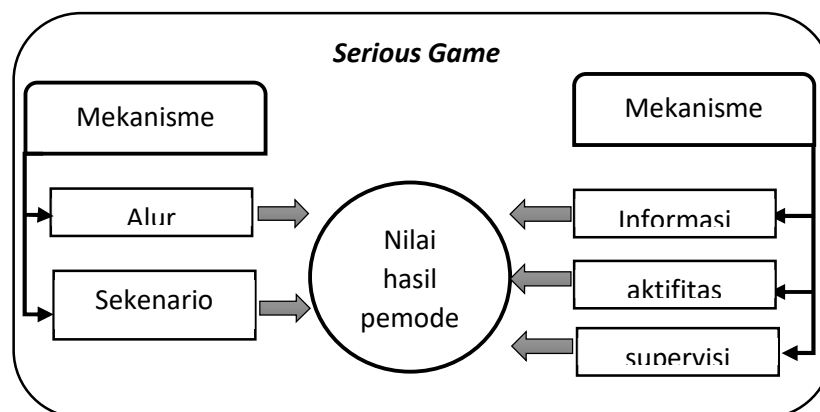
6.4 Desain Mekanisme SG Pengolahan Tanah Dalam Konsep Pembelajaran.

Dari perspektif pedagogi atau strategi dalam pembelajaran, *serious game* pada dasarnya adalah proses permainan yang dikembangkan untuk mendukung pembelajaran dan harus berdampak pada pemain pada beberapa level. Dalam penelitian ini proses belajarnya adalah untuk menjalankan bajak singkal untuk pengolahan tanah dengan hasil yaitu porositas tanah dan gaya tarik bajak. Untuk memulainya, dimana hasil tersebut dipengaruhi oleh kecepatan motor bajak, sudut potong vertikal dan kedalaman pembajakan. Level permainan pada penelitian bersifat dinamis, karena objektifitas keberhasilan berdasarkan suatu nilai yang dihasilkan dari model porositas tanah dan model gaya tarik bajak.

Perubahan perilaku pemain merupakan bagian yang terjadi karena secara implisit pemain memahami dari proses pembelajaran yang dilakukan dengan cara bermain, dengan adanya proses tersebut akan terbentuknya perubahan perilaku pemain secara permanen akibat dari pengalaman bermain (Ingleby, 2010, hlm. 62). Ritterfeld dkk. (2009), yang disebut dengan keberhasilan pembelajaran.

Dari sudut pandang sistem permainan, mekanisme permainan biasanya digunakan menjelaskan bagaimana pemain berinteraksi dalam struktur permainan seperti alur dan skenario permainan. Dengan adanya alur dan skenario permainan akan membawa pemain sampai akhir suatu permainan. Model struktur formal di bagi menjadi, tindakan pemain, metode permainan dan prosedur untuk tindakan pemain. Jadi mekanisme permainan merupakan pola aturan yang dirancang di setiap bagian dari sistem yang mencakup serangkaian interaksi unik selama permainan Bjork dan Holopainen (2005) Hunicke dkk. (2004), dimana dalam berinteraksi bisa terjadi mekanisme umpan balik kepada pemain Rouse (2005). Desain game dalam arti bahwa terdapat gambarkan apa yang pemain bisa lakukan di dunia *game*, serta bagaimana melakukannya, dan bagaimana hal itu mengarah pada hal yang menarik untuk tujuan tertentu. Dalam mekanisme permainan untuk peran pemain dalam bermain sehingga terbentuk pengalaman pengguna, diarahkan dan dibimbing untuk memperoleh perilaku tertentu dengan membatasi ruang rencana yang mungkin untuk mencapai tujuan. Pada penelitian ini mekanisme permainan ditunjukkan dalam diagram alur permainan dan skenario permainan yang merupakan sebuah strategi bermain untuk mencapai tujuan penggunaan sehingga terarah dalam batasan mencapai nilai yang dihasilkan dari pemodelan *serious game* pengolahan tanah dengan menggunakan bajak singkal.

Kesesuaian implementasi pedagogis dan mekanisme permainan berarti dalam *serious game* seharusnya transferensi pengetahuan sebagai bagian inti dari mekanika permainannya (Gredler, 2004; Shaffer, 2005; Shute, 2009). Terbukti bahwa dengan interaktivitas yang meningkat mahasiswa termotivasi untuk belajar, mendalami dan menerapkan informasi yang disajikan (Ritterfield & Weber, 2005; Wong, 2007; Foster, 2008). Namun, interaktivitas saja tidak cukup untuk menanamkan motivasi peserta didik (Greenwood-Ericksen (2008). Sehingga jika dalam permainan bisa mendorong keterlibatan lebih mendalam (*immersive*) melalui sesuatu yang menyenangkan (*game*) dalam hal ini adalah *serious game* dengan tujuan utama sebagai pembelajaran akan bisa tercapainya tujuan itu sendiri. Sehingga sulit untuk memisahkan mekanisme permainan dari komponen pendidikan pada implementasi karena membentuk suatu entitas yang berfungsi untuk mendidik dan menghibur melalui satu pengalaman yang menarik. Batasan antara hiburan dan pedagogi menjadi kurang jelas di mana komponen permainan dan pembelajaran berfungsi sebagai elemen untuk membangun satu pengalaman. Dalam *serious game* pengolahan tanah menggunakan bajak singkal ini didesain penghubung antara komponen permainan dan pembelajaran menjadi konsep *serious game*, dengan menggunakan nilai hasil pemodelan sebagai data acuan untuk membentuk komponen tersebut. Pada Gambar 6.4 dalam desain *serious game* pengolahan tanah dengan bajak singkal terdapat dua komponen utama dari permainan yaitu berupa mekanisme permainan yang terdapat alur permainan dan skenario permainan, sedangkan untuk komponen pembelajaran terdapat informasi yang jelas, aktifitas dan supervisi.

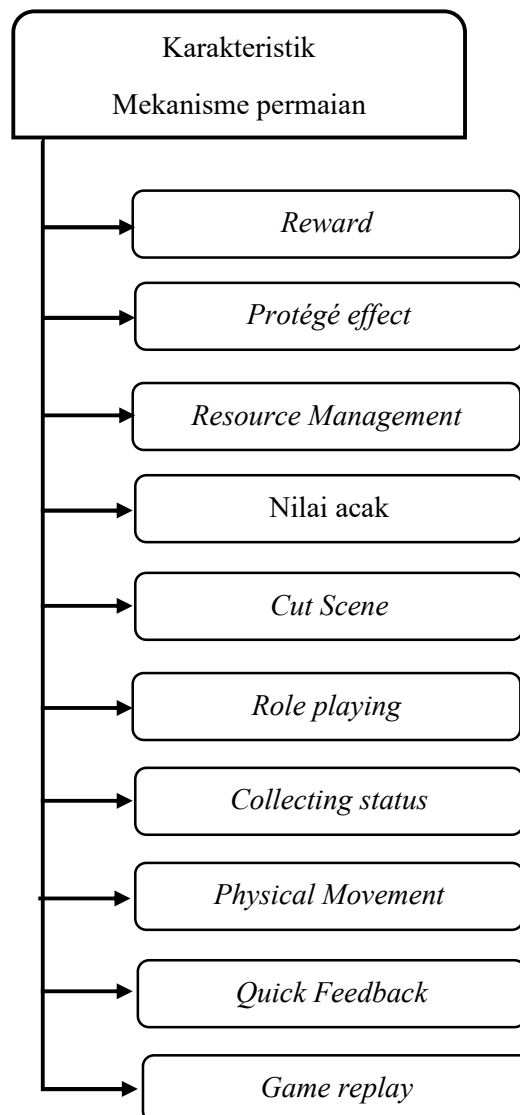


Gambar 6.4 Desain mekanisme permainan dan pedagogi *serious game* untuk pengolahan tanah dengan bajak singkal.

6.5 Desain Karakteristik Mekanisme Permainan

Perspektif desain mekanisme permainan yaitu dengan menganggap permainan dirancang untuk membuat pemain berinteraksi sesuai aturan dan bisa mencapai tujuan permainan, terlihat seperti Gambar 6.5, dengan aksi pemain dan strategi sehingga menghasilkan pengalaman bermain yang menyenangkan. Untuk interaksi mekanisme permainan menentukan kompleksitas interaksi pengguna dalam bermain.

Karakteristik mekanisme permainan pada desain *serious game* untuk pengolahan tanah dengan bajak singkal seperti Gambar 6.6, yang dijelaskan yaitu :



Gambar 6.5 Desain karakteristik mekanisme permainan *serious game* untuk pengolahan tanah dengan bajak singkal.

a) Reward.

Umpan balik yang akan diterima *reward* jika berhasil pada parameter nilai hasil pemodelan, dengan pemberian hadiah diharapkan meningkatkan semangat pemain sehingga mendorong *engagement* lebih dan memberi kepuasan terhadap pemain. Umpan balik bisa berupa visual atau audio sebagai bentuk penghargaan atas keberhasilan pemain.

b) Protégé effect

Mekanisme ini ditujukan untuk menggali kecenderungan strategi pemain sehingga bisa digunakan untuk memberi belajar lebih. Strategi murni pemain di awal permainan dalam menentukan parameter kecepatan mata bajak, sudut potong vertikal bajak dan kedalaman bajak menjadi acuan nilai balik yang akan diambil dari strategi terbaik porositas dan gaya tarik bajak, sehingga pemain akan mendapatkan acuan strategi dan pemain merasa mempunyai mentor secara tidak langsung dalam permainannya.

c) Resource Management

Sumber daya yang dimaksud dalam permainan ini adalah nilai relatif yang ditetapkan pada permainan, yaitu bahwa kecepatan mata bajak terdiri dari 3 jenis kecepatan, sudut potong vertikal antara 60^0 sampai 70^0 dan kedalaman antara 3,5 cm sampai 7cm, yang relatif terhadap waktu sebagai tantangan pemain dalam menentukan keputusan pilihan strategi yang dipakai.

d) Nilai acak.

Nilai acak diberikan pada pemain jika terdapat strategi pemain yang tidak menghasilkan *output* sesuai data pemodelan, sehingga pemain akan bisa tumbuh semangat lebih jika terjadi kesalahan berulang dari keputusan strategi yang dibuat, hal tersebut secara tidak langsung juga bisa meningkatkan *engagement* pemain.

e) Cut Scene

Pemberian informasi pada potongan potongan *scene* ketika bermain diperlukan untuk meningkatkan pemahaman pemain dalam setiap pembelajarannya. Bentuk informasi bisa berupa visual ataupun audio, sebagai contoh ketika terjadi kesalahan pemilihan kecepatan bajak akan muncul informasi tersebut, walaupun proses pembajakan belum selesai.

f) Role playing

Digunakan untuk mengetahui seberapa efektifitas dari pemain, bisa dilakukan dengan memberi obstacle kejutan, misalnya terdapat tanah yang lebih keras atau terdapat batu ketika membajak. Sehingga pemain diharapkan akan bisa mengatasi masalah tersebut dan akan meningkatkan pengetahuan pemain.

g) Collecting status

Dalam permainan, hasil yang telah dilakukan dalam membajak dapat dikumpulkan sebagai bentuk prestasi yang diraih. Misalnya berapa luas lahan yang berhasil dibajak dengan baik.

h) Physical Movement

Dengan melibatkan proses fisik yang bergerak, walaupun dalam visualisasi yang bergerak akan menghasilkan nilai keterlibatan pemain yang lebih tinggi. Dalam *game* ini ketika bajak berjalan karakter juga bergerak, ketika berputar bajak juga ikut berputar.

i) Quick Feedback

Umpan balik yang cepat kepada pemain, akan mempengaruhi tindakan pemain dalam menjalankan permainannya. Umpan balik permainan ini merupakan perbandingan antara hasil strategi dari pemain dengan hasil pemodelan sebagai acuan strategi.

j) Game replay

Setelah satu *scene* selesai diberi tampilan apa yang sudah dihasilkan, tampilan berupa bagaimana proses bajak dijalankan dan berapa luas lahan yang telah dibajak. Hal tersebut akan membantu pemain untuk berfikir dalam menentukan strategi selanjutnya, sehingga dari sisi pengalaman dalam bermain semakin tereksplorasi.

6.6 Desain Karakteristik Mekanisme Pembelajaran

Dalam karakteristik mekanisme pembelajaran atau dari sisi pedagogi dijelaskan dari perspektif fungsi dari mekanisme permainan yang mengubah dinamika permainan dengan pemahaman dasar bagaimana mekanisme permainan dapat bekerja yang mendukung proses belajar. Secara ringkas seperti Gambar 6.6 karakteristik mekanisme pembelajaran *serious game* untuk pengolahan tanah dengan bajak singkal dijelaskan sebagai berikut;

a) Panduan/guide

Merupakan sarana untuk membantu pemain melihat struktur, tautan, dan arah dari pembelajaran. Panduan dimulai dari awal permainan *serious game* untuk pengolahan tanah dengan bajak singkal sebagai contoh memberikan panduan penggunaan perangkat interaksi dan panduan fungsi dalam permainan, sehingga dalam permainan pemain dapat memahami apa yang harus dilakukan.

b) Instruksi

Dimana seorang fasilitator dalam hal ini adalah sistem dari *serious game* memberikan dukungan pembelajaran dengan mengikuti pola permainan dan mengarahkan sehingga tujuan pembelajaran dapat tercapai. Instruksi ini bisa dilakukan ketika mekanisme permainan saat *cut scene* dengan *quick response*, ketika proses menjalankan bajak dalam permainan dan terjadi kesalahan dilakukan *cut scene* kemudian diberi respon yang merupakan instruksi, sehingga meningkatkan pemahaman pemain dalam belajar.

c) Demonstrasi

Metode pedagogis merupakan pembelajaran berbasis masalah dengan menggunakan contoh terkait dengan penggunaan *serious game*, yaitu dengan memberikan rangkaian proses permainan dengan memberikan contoh terhadap pemain, sehingga pemain seolah olah berhadapan langsung dengan pengajarnya. Dibuat supaya pemahaman pemain dalam belajar lebih maksimal dengan melihat contoh secara langsung.

d) Partisipasi

Proses belajar aktif terjadi jika terlibat langsung dalam permainan. Pemberian kebebasan pemain dalam menentukan strategi permainan yaitu dalam menentukan kecepatan mata bajak, sudut potong vertikal dan kedalaman bajak digunakan sebagai bagian untuk terjadinya partisipasi langsung pemain kedalam permainan.

e) Action

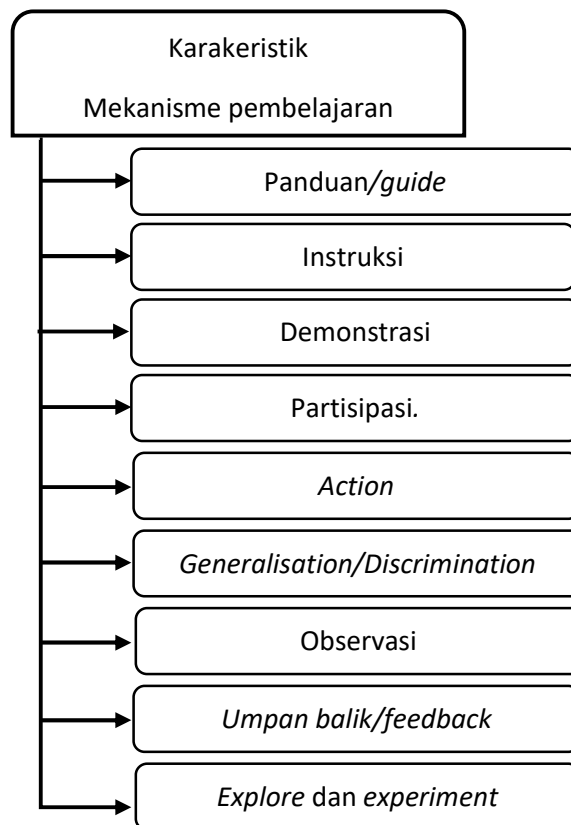
Suatu pendekatan yang melibatkan individu dalam dunia nyata sehingga merefleksikan pengalaman yang sudah didapat dan merencanakan tindakan selanjutnya. Dengan menggunakan *role playing*, dengan memberi faktor kejutan bisa berupa *obstacle* misalnya adanya batu yang menghalangi atau tanah yang akan dibajak bergelombang, sehingga *action* dari pemain dalam mengatasi masalah bisa terekplorasi.

f) Generalisation/Discrimination

Hal ini berkaitan dengan proses orang belajar dimana untuk membuat tanggapan yang berbeda terhadap rangsangan yang berbeda diperlukan suatu pengkondisian tertentu dalam pembelajaran. Untuk pengkondisian ini berkaitan dengan mekanisme permainan *role playing*, sehingga memungkinkan pemain menentukan strategi membajak yang lebih efektif untuk menyelesaikan permasalahan kemudian terjadi perubahan perilaku yang membuat penyelesaian permasalahan lebih cepat.

g) Observasi

Belajar observasional (juga disebut pembelajaran perwakilan atau pemodelan) didasarkan pada konsep bahwa pembelajaran terjadi sebagai fungsi mengawasi, mempertahankan dan mereplikasi perilaku nyata, dalam hal ini perilaku nyata berdasarkan hasil percobaan pada *soil bin*, yang sudah dimodelkan sebagai acuan pembelajaran, kemudian fungsi pengawasan didukung mekanisme permainan *quick feedback* yang akan memberi acuan supaya kondisi hasil pembajakan dalam kondisi tetap pada nilai hasil pemodelan.



Gambar 6.6 Desain karakteristik mekanisme pembelajaran *serious game* untuk pengolahan tanah dengan bajak singkal.

h) Umpan balik / *feedback*

Saran pengembangan dalam bentuk visual atau audio dalam mekanisme permainan tentang hasil dari strategi membajak yang telah dilakukan pemain sehingga memiliki pemahaman yang lebih baik tentang tujuan akhir dari permainan. Dalam hal ini bisa dalam bentuk instruksional yang bisa menggunakan mekanisme dari *quick feedback* dari permainan.

i) *Explore* dan *experiment*

Mekanisme yang mendorong pemain untuk mengeksplorasi dan bereksperimen dari *serious game* pengolahan tanah menggunakan bajak singkal dengan pendekatan pembelajaran eksploratif adalah dapat membantu pemain dalam pemikiran umum dan pemecahan masalah keterampilan. Pemilihan strategi murni pemain salah satunya adalah untuk memberikan kebebasan pemain dalam mengeksplorasi pengetahuan, sehingga terjadinya pembelajaran dengan cara ekperimental dengan strategi tersebut.

6.7 Desain Arsitektur Sistem *Serious Game* Pengolahan Tanah Dengan Bajak Singkal

Dalam desain *serious game* digunakan tiga *input* yaitu :

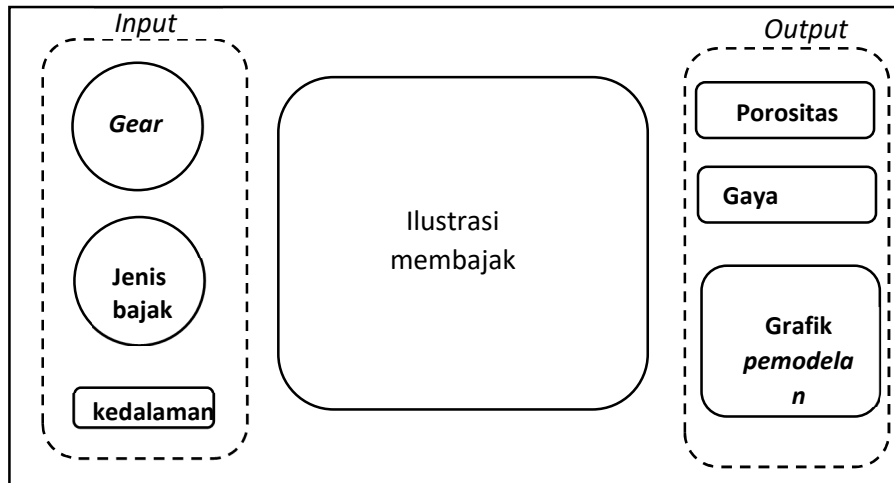
- a. *Input* kecepatan motor penggerak yaitu : *gear* 1 kecepatan 6,8 cm/s, *gear* 2 kecepatan 10,17 cm/s dan *gear* 3 kecepatan 19,92 cm/s.
- b. *Input* jenis bajak, yang menunjukkan besar sudut potong vertikal bajak yaitu : bajak jenis A dengan sudut potong vertikal 60^0 , bajak jenis B dengan sudut potong vertikal 65^0 dan bajak jenis C dengan sudut potong vertikal 70^0 .
- c. *Input* kedalaman pembajakan, *input* ini di-*generate* oleh komputasi secara acak dengan nilai antara 3,5 cm sampai 7 cm.

Proses pengujian *serious game* ini dengan memberikan *input* bergantian, sehingga dari setiap kecepatan mempunyai tiga perubahan pemilihan bajak singkal. Proses *generate* data menggunakan model porositas tanah dan gaya tarik bajak.

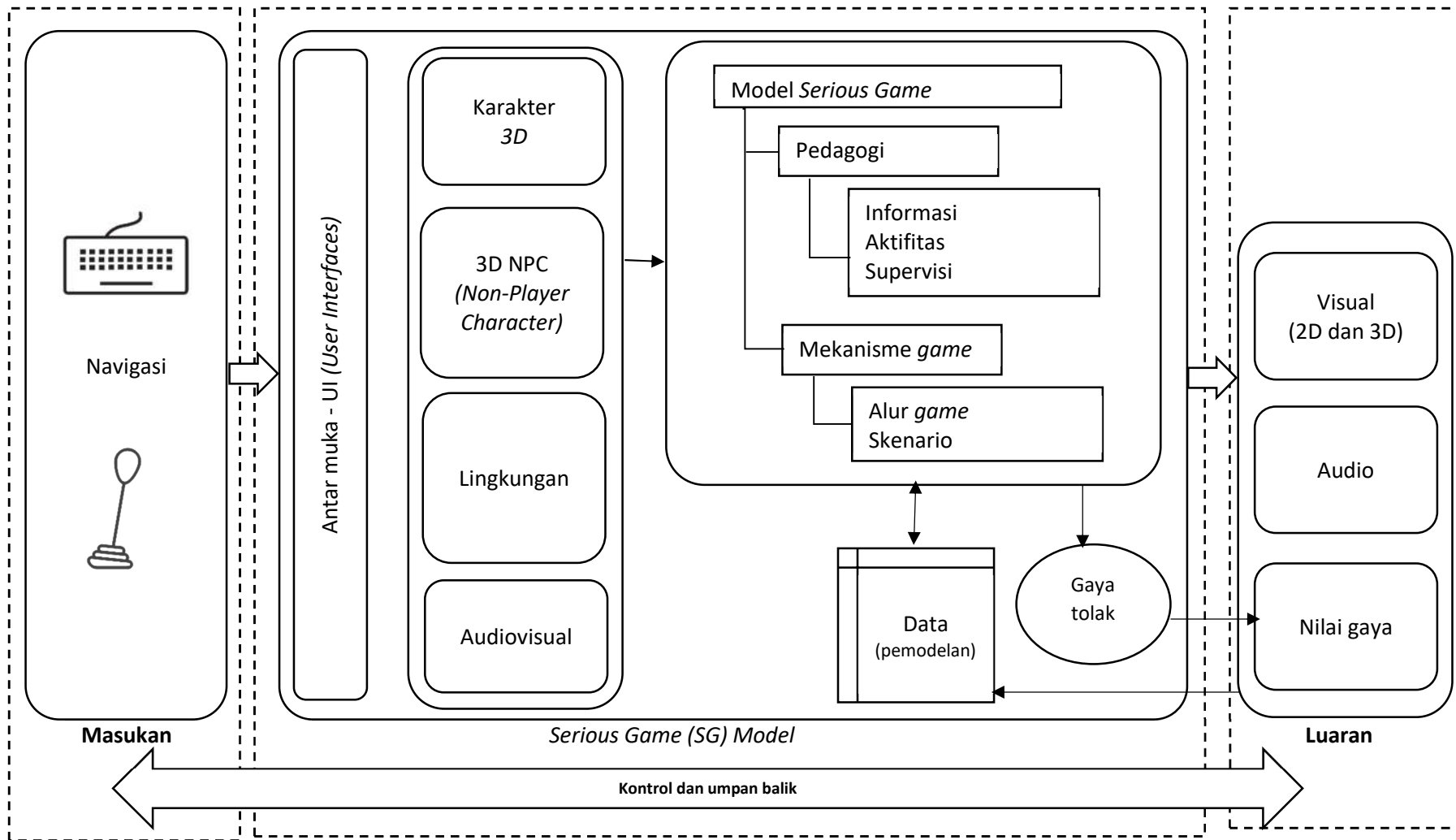
Arsitektur alur sistem dalam *serious game* bertujuan sebagai media pembelajaran dalam menjalankan alat pengolah tanah dalam hal ini adalah alat pengolah tanah tahap

pertama menggunakan bajak singkal. Secara keseluruhan alur arsitektur sistem dalam *serious game* seperti Gambar 6.8.

Desain *user interfaces* untuk *serious game* seperti Gambar 6.7, disebelah kiri merupakan input yang terdiri dari kecepatan motor penggerak (*gear* 1,2,3), jenis bajak (bajak jenis A,B,C) dan kedalaman pembajakan (3,5 cm sampai 7 cm).



Gambar 6.7 Desain user interfaces *serious game* pengolahan tanah dengan bajak singkal



Gambar 6.8 Arsitektur sistem *serious game* pengolahan tanah dengan bajak singkal

Dengan menggunakan input *keyboard* atau *jostick* sebagai navigasi untuk pemain, dimana terdapat *user interfaces* yang merupakan tampilan dilayar monitor dengan grafis tiga dimensi (3D) dan dua dimensi (2D). Dalam tampilan grafis tersebut terdapat 3D character, 3D NPC (Non-Player character), *enviroment* juga *video* dan *audio* sebagai pendukung dari tampilan, kemudian dengan berdasarkan konsep dari *serious game* yang sudah dibahas sebelumnya berdasarkan pada mekanisme permainan dan pedagogi yang mengacu pada *dataset* nilai hasil pemodelan, maka sistem *serious game* dijalankan. *Ouput* yang dihasilkan berupa visual, audio dan juga nilai yang merupakan nilai hasil perhitungan berdasarkan pemodelan, nilai tersebut digunakan sebagai *feedback* visual dan juga dalam bentuk nilai acuan untuk membuat fitur getaran pada navigasi aktif, sehingga pengguna merasa seperti sedang menjalankan bajak singkal.

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian yang sudah dilakukan, dapat disimpulkan :

1. Pelaksanaan uji coba pembajakan dengan bajak singkal telah berhasil dengan baik, hal tersebut terbukti dengan hasil uji yang sudah didapatkan.
2. Model porositas tanas dan gaya tarik bajak singkal menunjukkan trend menuju nilai sebenarnya..
3. Konsep mekanismae dari sisi permainan dan sisi pembejaran dapat diuraikan dengan detail untuk membuat *serious game* pengolahan tanah.diketemukan sebuah fungsi berdasarkan data yang diperoleh.
4. Desain awal menggunakan HFSM berdsasarkan matrik *payoff*, berhasil dibuat dengan menentukan perlu adanya umpan balik ke pain sehingga timbul *user experience*.

BIOGRAFI PENULIS



Anang Kukuh Adisusilo menerima gelar sarjana (S.T) dan magister (M.T) di Teknik Elektro dengan focus penelitian pada Teknologi Multimedia di Institut Technology of Sepuluh November Surabaya (ITS-Surabaya), Indonesia. Kemudian melanjutkan Pendidikan Doktoral di universitas yang sama dan menyelesaikan studi di tahun 2019.



Emmy Wahyuningtyas menerima gelar sarjana (S.Kom.) dari STIKOM pada tahun 2000 dan magister (M.M.T) dari Institut Teknologi Sepuluh November Surabaya (ITS-Surabaya) pada tahun 2013, Indonesia. Menjadi dosen Universitas Wijaya Kusuma Surabaya pada tahun 2007 dan sudah menggeluti bidang ilmu Manajemen Informatika sampai dengan sekarang.



Nia Saurina. Lahir pada tanggal 09 Juni 1984, merupakan anak kedua dari pasangan Mochamad Gufron yang berprofesi sebagai Dokter Hewan dan Martina Endah Setyaningsih yang berprofesi sebagai Guru. Nia menyelesaikan studi D4 di Politeknik Elektronika Negeri Surabaya pada tahun 2006, dilanjutkan dengan studi S2 di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya di Jurusan Teknik Informatika pada tahun 2009. Dia memulai karirnya di Universitas Wijaya Kusuma Surabaya pada Tahun 2010 sebagai Dosen.

Daftar Pustaka

- [1] C. C. Abt, *Serious games*. University Press of America, 1987.
- [2] J.-P. Djaouti, Damien; Alvarez, Julian ; Jessel, *Chapter 6*. IGI Global, 2011.
- [3] A. F. S. Barbosa, P. N. M. Pereira, J. A. F. F. Dias, and F. G. M. Silva, "A New Methodology of Design and Development of Serious Games," *Int. J. Comput. Games Technol.*, vol. 2014, pp. 1–8, 2014, doi: 10.1155/2014/817167.
- [4] Robi Setiawan, "Genjot Hasil Pertanian, Kemendes Terapkan Smart Farming," *DetikFinance*, Sep. 2018.
- [5] Layanan Informasi Desa, "Mengapa Kesejahteraan Petani Indonesia Masih Rendah? - PETANI," Apr. 2019.
- [6] A. Unadi, "INDONESIA AGRICULTURAL MECHANIZATION STRATEGY," Beijing, China, 2013. Accessed: Dec. 22, 2018. [Online]. Available: www.litbang.deptan.go.id.
- [7] J. David and T. F. Stertz, "Effectiveness of and Student Satisfaction with Web-Based Compared to Traditional In-service Teacher Education Courses," *J. STEM Teach. Educ.*, vol. 42, no. 1, pp. 7–23, 2005, [Online]. Available: <https://ir.library.illinoisstate.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1204&context=jste>.
- [8] İ. Varank, "A COMPARISON OF A COMPUTER-BASED AND A LECTURE-BASED COMPUTER LITERACY COURSE: A TURKISH CASE," *Eurasia J. Math. Sci. Technol. Educ.*, vol. 2, no. 3, pp. 112–123, 2006, [Online]. Available: www.ejmste.com.
- [9] Q. Ma, Z. Yang, H. Chen, D. Zhu, and H. Guo, "A Serious Game for Teaching and Learning Agricultural Machinery Driving," *2012 Int. Conf. Artif. Intell. Soft Comput.*, vol. 12, pp. 56–62, 2012, [Online]. Available: <http://cstm.cnki.net/stmt/TitleBrowse/KnowledgeNet/XXGC201203002012?db=STMI8515>.
- [10] A. Battiato, E. Diserens, L. Laloui, and L. Sartori, "A mechanistic approach to topsoil damage due to slip of tractor tyres," *J. Agric. Sci. Appl.*, vol. 2, no. 3, pp. 160–168, 2013.
- [11] M. F. S. H S Jeshvaghani, S K H Dehkordi, "Comparison and Optimization of Graphical Methods of Moldboard Plough Bottom Design Using Computational Simulation," *J. Am. Sci.*, no. 6, pp. 414–420, 2013, [Online]. Available: <http://www.jofamericanscience.org>.
- [12] Liu Jianjun, "The Study on Agricultural Machinery Design and Modeling Method," *Int. J. Adv. Comput. Technol.*, vol. 4, no. 22, pp. 678–684, 2012, doi: 10.4156/ijact.vol4.issue22.78.
- [13] A. K. Adisusilo, M. Hariadi, E. M. Yuniarno, B. Purwantana, R. Radi, and R. Radi, "Soil porosity modelling for immersive serious game based on vertical angle, depth, and speed of tillage," *Int. J. Adv. Intell. Informatics*, vol. 4, no. 2, p. 107, Jul. 2018, doi: 10.26555/ijain.v4i2.215.
- [14] A. K. Adisusilo, A. K. Adisusilo, M. Hariadi, E. Mulyanto, B. Purwantana, and R. i, "Designing Immersive Serious Game Based on Soil Tillage : Polynomial Model for Horizontal Plowing Force Model," *Int. J. Eng. Technol.*, vol. 7, no. 4.28, pp. 404–410, Nov. 2018, doi: 10.14419/ijet.v7i4.28.22621.
- [15] P. Ben, Sawyer; Smith, "Serious Games Taxonomy," 2008.
- [16] M. Ma, A. V. Oikonomou, and L. C. Jain, *Serious games and edutainment applications*. Springer-Verlag London Ltd, 2011.
- [17] P. Rooney, "A theoretical framework for serious game design: Exploring pedagogy, play and fidelity and their implications for the design process," *Int. J. Game-Based Learn.*,

- vol. 2, no. 4, pp. 41–60, 2012, doi: 10.4018/ijgbl.2012100103.
- [18] M. Kebritchi and A. Hirumi, “Examining the pedagogical foundations of modern educational computer games,” *Comput. Educ.*, vol. 51, no. 4, pp. 1729–1743, 2008, doi: 10.1016/j.compedu.2008.05.004.
- [19] P. Zemliansky and D. M. Wilcox, *Design and implementation of educational games : theoretical and practical perspectives*. Information Science Reference, 2010.
- [20] P. Jarvis, J. Holford, and C. Griffin, *The theory & practice of learning*. Kogan Page, 2003.
- [21] B. D. Ruben, “Simulations, games, and experience-based learning: The quest for a new paradigm for teaching and learning,” *Simul. Gaming*, vol. 30, no. 4, pp. 498–505, 1999, doi: 10.1177/104687819903000409.
- [22] Jeanne Ellis Ormrod, *Human Learning*, 7th ed. Pearson; 7 edition (February 26, 2015), 2015.
- [23] M. J. Mayo, “Video games: A route to large-scale STEM education?,” *Science*, vol. 323, no. 5910, pp. 79–82, 2009, doi: 10.1126/science.1166900.
- [24] M. P. Driscoll, “Psychology of learning for instruction,” *Learn. Instr.*, vol. 3rd, pp. xvi, 448, 2005, doi: 10.1007/BF02504860.
- [25] S. de Freitas and M. Griffiths, “Online gaming as an educational tool in learning and training,” *Br. J. Educ. Technol.*, vol. 38, no. 3, pp. 535–537, May 2007, doi: 10.1111/j.1467-8535.2007.00720.x.
- [26] M. Pivec and P. Kearney, “Games for Learning and Learning from Games,” *Informatica*, vol. 31, pp. 419–423, 2007.
- [27] L. Uden and C. Beaumont, *Technology and problem-based learning*. Information Science Pub, 2006.
- [28] E. Klopfer, S. Osterweil, and K. Salen, “Moving Learning Games Forward,” *Flora*, vol. 3, no. December, p. 58, 2009, doi: 10.1207/S15327825MCS0301_02.
- [29] M. Seeney and H. Routledge, “Drawing circles in the sand: Integrating content into serious games,” in *Games-Based Learning Advancements for Multi-Sensory Human Computer Interfaces: Techniques and Effective Practices*, 2009, pp. 84–97.
- [30] R. Van Eck, “Building Artificially Intelligent Learning Games,” in *Games and Simulations in Online Learning: Research and Development Frameworks*, 2007, pp. 271–307.
- [31] H. Tüzün, “Blending video games with learning: Issues and challenges with classroom implementations in the Turkish context,” *Br. J. Educ. Technol.*, vol. 38, no. 3, pp. 465–477, May 2007, doi: 10.1111/j.1467-8535.2007.00710.x.
- [32] S. de Freitas and T. Neumann, “The use of ‘exploratory learning’ for supporting immersive learning in virtual environments,” *Comput. Educ.*, vol. 52, no. 2, pp. 343–352, Feb. 2009, doi: 10.1016/J.COMPEDU.2008.09.010.
- [33] D. H. Jonassen and S. M. Land, *Theoretical foundations of learning environments*, 2nd ed. Routledge, 2012.
- [34] R. D. F. Pereira, V. Simões, S. Paulo, and S. Carlos, “AN EVOLUTIONARY ALGORITHM APPROACH FOR A REAL TIME STRATEGY GAME,” pp. 56–63, 2012.
- [35] S. O’Connor, S. Colreavy-Donnelly, and I. Dunwell, “Fostering engagement with cultural heritage through immersive vr and gamification,” in *Springer Series on Cultural Computing*, Springer, 2020, pp. 301–321.
- [36] E. Brown and P. Cairns, “A grounded investigation of game immersion,” in *Extended abstracts of the 2004 conference on Human factors and computing systems - CHI '04*, 2004, p. 1297, doi: 10.1145/985921.986048.
- [37] C. McMahan, M. & Ojeda, “A Model of Immersion to Guide the Design of Serious

- Games,” in *E-Learn: World Conference on E-Learning in Corporate, Government, Healthcare, and Higher Education*, Nov. 2008, vol. 2008, no. 1, pp. 1833–1842, [Online]. Available: <https://www.learntechlib.org/p/29908/>.
- [38] S. Valladares-Rodríguez, R. Pérez-Rodríguez, L. Anido-Rifón, and M. Fernández-Iglesias, “Trends on the application of serious games to neuropsychological evaluation: A scoping review,” *Journal of Biomedical Informatics*, vol. 64. Academic Press Inc., pp. 296–319, Dec. 01, 2016, doi: 10.1016/j.jbi.2016.10.019.
- [39] M. Prensky, *Digital game-based learning*, 2nd edition., vol. 1, no. 1. Paragon House, 2007.
- [40] B. A. Whitton, N. T. W. Ellwood, and B. Kawecka, “Biology of the freshwater diatom *Didymosphenia*,” *Hydrobiologia*, vol. 630, no. 1, pp. 1–37, 2009, doi: 10.1007/s10750-009-9753-5.
- [41] M. Csikszentmihalyi, *Flow : the psychology of optimal experience*, 1st ed. New York: Harper & Row, 1990.
- [42] C. Jennett *et al.*, “Measuring and defining the experience of immersion in games,” *Int. J. Hum. Comput. Stud.*, vol. 66, no. 9, pp. 641–661, Sep. 2008, doi: 10.1016/j.ijhcs.2008.04.004.
- [43] D. I. Cordova and M. R. Lepper, “Intrinsic Motivation and the Process of Learning: Beneficial Effects of Contextualization, Personalization, and Choice,” *J. Educ. Psychol.*, vol. 88, no. 4, pp. 715–730, 1996, [Online]. Available: http://www.coulthard.com/library/Files/cordovalepper_1996_intrinsicmotivation.pdf.
- [44] P. Sweetser and P. Wyeth, “GameFlow: A Model for Evaluating Player Enjoyment in Games,” *ACM Comput. Entertain.*, vol. 3, no. 3, 2005, [Online]. Available: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.97.480&rep=rep1&type=pdf>.
- [45] M. D. Dickey, “Engaging by design: How engagement strategies in popular computer and video games can inform instructional design,” *Educ. Technol. Res. Dev.*, vol. 53, no. 2, pp. 67–83, 2005, doi: 10.1007/BF02504866.
- [46] E. (Ernest W. . Adams and A. Rollings, *Fundamentals of game design*. Pearson Prentice Hall-ch 21, 2007.
- [47] C. Wang, Q. Ma, D. Zhu, H. Chen, and Z. Yang, “Real-time control of 3D virtual human motion using a depth-sensing camera for agricultural machinery training,” *Math. Comput. Model.*, vol. 58, no. 3–4, pp. 782–789, Aug. 2013, doi: 10.1016/j.mcm.2012.12.026.
- [48] R. Bartle, “Presence and flow: Ill-fitting clothes for virtual worlds,” *echné Res. Philos. Technol.*, vol. 10, no. 3, pp. 39–54, 2007.
- [49] A. Alexander, T. Brunyé, J. Sidman, and S. a Weil, “From gaming to training: A review of studies on fidelity, immersion, presence, and buy-in and their effects on transfer in pc-based simulations and games,” *DARWARS Train. Impact Gr.*, no. November, p. 14, 2005, doi: 10.1016/j.athoracsur.2004.02.012.
- [50] N. J. Maran and R. J. Glavin, “Low- to high-fidelity simulation - a continuum of medical education?,” *Med. Educ.*, vol. 37, no. s1, pp. 22–28, Nov. 2003, doi: 10.1046/j.1365-2923.37.s1.9.x.
- [51] K. Miettinen, *Nonlinear Multiobjective Optimization*, 12th ed. Springer US, 1998.
- [52] C. L. (Ching-L. Hwang and A. S. M. Masud, *Multiple Objective Decision Making -- Methods and Applications : a State-of-the-Art Survey*, 164th ed. Springer Berlin Heidelberg, 1979.
- [53] S. Hardjowigeno, *Imu Tanah*. Jakarta, 2003.
- [54] M. I. DARMAWIJAYA, “Klasifikasi tanah dasar teori bagi peneliti tanah dan pelaksana pertanian di Indonesia,” .

- [55] G. Soepardi, *Sifat dan ciri tanah (Soil properties and characteristic)*. Indonesia: Bogor Agricultural University, 1983.
- [56] D. Hillel, "Soil and water : physical principles and processes," p. 288, 1971.
- [57] D. W. ;Paul Jasa, "CONSERVATION TILLAGE IN THE UNITED STATES: AN OVERVIEW," Lincoln U.S.A, 2013.
- [58] CRM Survey, "Survey Summary (various years): onservation Technology Information Center," *National Crop Residue Management (CRM)* , 2008.
- [59] R. A. Kepner, R. Bainer, and E. L. (Edgar L. Barger, *Principles of farm machinery*. Avi Pub. Co, 1978.
- [60] F. J. Daywin, (*Agricultural Cultivation Machines on Dry Land*), translate "Mesin-mesin budidaya pertanian di lahan kering" Graha Ilmu, 2008.
- [61] H. P. Smith, L. H. Wilkes, and T. Purwadi, *Mesin dan peralatan usaha tani*. Gadjah Mada University Press, 1990.
- [62] G. and Vandenberg, *Soil Dynamics in Tillage and Traction*. Washington, D.C.: Supdt. Of Documents, U.S. Govt. Printing Office, Washington, D.C., 1968.

Monograf ini merupakan tulisan hasil peneitian pada tahun pertama untuk rencana penelitian selama tiga tahun yang dibiayai oleh Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Riset, Dan Teknologi Kementerian Pendidikan Kebudayaan, Riset, Dan Teknologi No: 167/E4.1/AK.04.PT/2021 tanggal 12 Juli 2021, No turunan : 005/AMD-SP2H/LT-MULTI-PDPK/LL7/2021 tanggal 15 Juli 2021, 01/LPPM/UWKS/VII/2021 tanggal 16 Juli 2021

Buku ini berisi tentang desain mekanisme serious game pengolahan tanah dengan bajak singkal, dimana untuk membuat desain tersebut diperlukannya percobaan dengan menggunakan alat yang disebut soil bin. Percobaan dengan soil bin dilakukan di Laboratorium Fakultas Teknik Pertanian dan Biosistem UGM Yogyakarta. Pembahasan mulai persiapan alat soil bin dan juga tanah uji beserta variabel uji dijelaskan dalam buku ini. Hasil data uji tersebut dilakukan analisis sehingga menghasilkan suatu Model matematis, sebagai dasar dari algoritma didalam komputasi. Model tersebut merupakan dasar dari perancangan sistem didalam serious game, sehingga berhasil membuat desain mekanisme serious game dengan berdasarkan pada mekanisme dari permainan dan mekanisme pembelajaran.

-- A Kukuh A --

ISBN 978-623-7354-20-8



Penerbit
UWKS PRESS
Anggota IKAPI No.206/Anggota Luar Biasa/JTI/2018
Anggota APPTI No.002.071.1.12019

Jl. Dukuh Kupang XXV/54
Surabaya
Jawa Timur
telp. 031-5677577
hp: 085745182452, 081403875858
email: uwkspress@gmail.com , uwkspress@uwks.ac.id