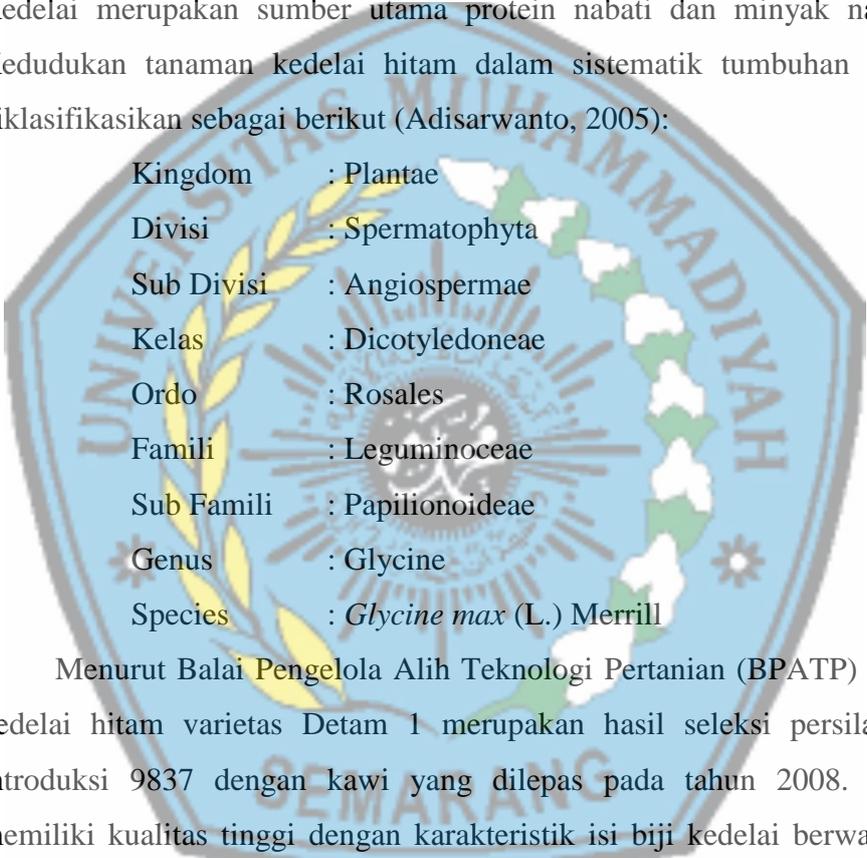


BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Kedelai Hitam

Kedelai hitam memiliki nama latin *Glycine max* bersinonim dengan *G. soja* hanya saja *G. soja* pemakaiannya lebih luas dari *G. max* yang merupakan tanaman asli daerah Asia subtropik seperti Tiongkok dan Jepang Selatan, sementara *G. soja* merupakan tanaman asli Asia tropis di Asia Tenggara. Kedelai merupakan sumber utama protein nabati dan minyak nabati dunia. Kedudukan tanaman kedelai hitam dalam sistematik tumbuhan (taksonomi) diklasifikasikan sebagai berikut (Adisarwanto, 2005):



Kingdom	: Plantae
Divisi	: Spermatophyta
Sub Divisi	: Angiospermae
Kelas	: Dicotyledoneae
Ordo	: Rosales
Famili	: Leguminosae
Sub Famili	: Papilionoideae
Genus	: Glycine
Species	: <i>Glycine max</i> (L.) Merrill

Menurut Balai Pengelola Alih Teknologi Pertanian (BPATP) menyatakan kedelai hitam varietas Detam 1 merupakan hasil seleksi persilangan galur introduksi 9837 dengan kawi yang dilepas pada tahun 2008. Kedelai ini memiliki kualitas tinggi dengan karakteristik isi biji kedelai berwarna kuning, kulit luar berwarna hitam, tebal dan keras. Kedelai varietas Detam 1 memiliki kandungan protein tinggi yaitu 45,36% dengan potensi hasil 3,45 ton/ha. Umur panen kedelai varietas Detam-1 yaitu 84 hari. Menurut Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian (2008) menyatakan salah satu ciri dari kedelai varietas Detam-1 yakni memiliki ukuran biji yang tergolong biji besar dengan bobot 100 biji mencapai 14,8 gr. Kedelai varietas Detam-1 dapat dibudidayakan pada lahan sawah bekas tanaman padi maupun di lahan tegalan (lahan kering). Pada lahan sawah bekas tanaman padi dengan kelembaban tanah relatif tinggi. Berikut

adalah gambar kedelai hitam varietas Detam 1 yang dapat dilihat pada Gambar 1.



Sumber : Dokumentasi pribadi

Gambar 1. Kedelai hitam varietas Detam 1

Pemanfaatan utama kedelai yaitu biji. Biji kedelai kaya protein tinggi, oligosakarida, serat makanan, mineral (Hidayat *et al.*, 2010), lemak serta beberapa bahan gizi penting lain, misalnya asam fitat dan lesitin (Esra *et al.*, 2013). Keunggulan dari kedelai hitam adalah mengandung antosianin lebih banyak dan memiliki daya simpan yang lebih lama dibandingkan kedelai kuning. Senyawa yang mengandung antioksidan dalam kedelai hitam berupa antosianin, vitamin E, β -karoten dan isoflavon. Isoflavon bersifat sebagai antioksidan melalui dua mekanisme, yaitu mendonorkan ion hidrogen dan bertindak sebagai *scavenger* radikal bebas secara langsung, akibatnya radikal bebas tersebut akan lebih stabil (Astuti *et al.*, 2008).

Keunggulan jika dilihat dari segi komposisi antara kedelai hitam dan produk tempe kedelai hitam varietas Detam 1 dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Perbandingan komposisi kimia pada kedelai hitam dan tempe kedelai hitam varietas Detam 1

No.	Komposisi	Kadar	
		Biji Kedelai Hitam	Tempe Kedelai Hitam
1.	Kadar air (%)	8,33	60,24
2.	Kadar protein total (%)	41,82	25,35
3.	Kadar lemak total (%)	35,61	5,46
4.	Kadar karbohidrat (%)	35,61	4,90

Sumber : Hidayat *et al.* (2010)

Pada penelitian yang dilakukan oleh Nurrahman (2015) menunjukkan kedelai hitam memiliki kandungan protein 40,4g/100g dan antioksidan yakni antosianin dan isoflavon. Kandungan total polifenol, flavonoid dan antosianin yang lebih tinggi daripada kedelai kuning, yakni masing-masing 6,13 mg/g ; 2,19 mg/g ; 0,65 mg/g. Isoflavon merupakan antioksidan golongan flavonoid yang biasa terdapat pada kedelai dan memiliki efek bermanfaat pada penderita Diabetes Melitus dengan meningkatkan serum insulin dan komponen insulin pankreas.

B. Pengecambahan Kedelai

Pengecambahan merupakan proses metabolisme biji hingga dapat menghasilkan pertumbuhan dari komponen kecambah (plumula dan radikula). Menurut Purnobasuki (2011) definisi pengecambahan adalah jika sudah terlihat atribut kecambahnya, yaitu plumula dan radikula dan keduanya tumbuh normal dalam jangka waktu tertentu sesuai dengan ketentuan *International Seed Testing Association* (ISTA). Keunggulan proses pengecambahan pada kedelai yaitu peningkatan nilai gizi pada biji kedelai dengan teknologi mudah dilakukan dan harga yang relatif murah. Selain itu proses pembuatannya sangat sederhana dan tidak membutuhkan waktu lama yaitu kurang lebih 3 hari (Astawan, 2003).

Pada proses pengecambahan terjadi perubahan senyawa kompleks dirubah menjadi senyawa yang lebih sederhana, sehingga mudah dimanfaatkan oleh embrio untuk pertumbuhan. Perubahan biologis yang terjadi yaitu kandungan karbohidrat diubah menjadi gula maltosa, protein dipecah menjadi asam amino, lemak dihidrolisis menjadi asam lemak. Pada proses ini terjadi pula peningkatan jumlah vitamin dan penurunan kadar lemak. Salah satu vitamin yang mengalami peningkatan adalah vitamin E (Shi, 2010). Vitamin ini merupakan bagian dari senyawa antioksidan. Selama pengecambahan pula, terjadi banyak perubahan komponen pada kedelai, yaitu kadar karbohidrat, lemak, protein, air, abu, dan mineral (Astawan, 2009), kapasitas antioksidan dan profil isoflavon (Huang, 2014). Pada proses pengecambahan mempunyai waktu titik optimum. Pengecambahan yang melebihi waktu optimum justru akan menyebabkan turunnya aktivitas antioksidan. Hal tersebut disebabkan senyawa fenol diubah menjadi lignin (Shetty, 2004).

Komposisi kimia antara kecambah kedelai dan kedelai memiliki kandungan nilai gizi yang berbeda. Perbandingan komposisi kimia kecambah kedelai dan kedelai dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Perbandingan komposisi kimia antara tepung tempe kedelai kecambah (TKK) dan tempe kedelai (TK)

No.	Parameter	Kadar	
		Tepung TKK	Tepung TK
1.	Kadar air (% bb)	3,14	2,25
2.	Kadar abu (% bk)	1,89	1,93
3.	Kadar protein (% bk)	53,37	50,18
4.	Kadar lemak (% bk)	23,10	25,02
5.	Kadar karbohidrat (% bk)	21,74	22,88
6.	Kadar vitamin E (mg/100 g bk)	5,08	4,70
7.	Total isoflavon (mg/100 g bk)	81,75	53,08
8.	Kapasitas antioksidan (mg AEAC/100 g tempe bk)	24,97	15,75

Sumber : Astawan *et al.* (2016)

Dalam biji kedelai yang memiliki kandungan karbohidrat, protein dan lemak. Bahan-bahan tersebut digunakan sebagai bahan untuk respirasi dan energi pada saat proses perkecambahan terjadi. Proses perkecambahan dipengaruhi beberapa faktor yaitu air, suhu, oksigen dan cahaya (Hidayat, 1995). Menurut Sutopo (1993) menyatakan bahwa biji yang berukuran lebih besar dan berat diduga mengandung cadangan makanan yang lebih banyak dibandingkan dengan biji yang berukuran lebih kecil.

Tahap-tahap pengecambahan sebagai berikut (Sutopo, 1993): (1) Pengecambahan biji dimulai dari penyerapan air pada biji (2) Kegiatan sel dan enzim-enzim serta naiknya tingkat respirasi biji (3) Penguraian bahan-bahan seperti karbohidrat, lemak dan protein menjadi bentuk-bentuk yang melarut dan ditranslokasikan ke titik-titik tumbuh (4) Kegiatan pembentukan dan pertumbuhan sel-sel baru untuk menghasilkan energi (5) Pertumbuhan dari kecambah melalui proses pembesaran dan pembagian sel-sel pada titik-titik tumbuh.

Salah satu cara untuk pengecambahan dilakukan menggunakan teknik elisitasi. Proses elisitasi merupakan proses penambahan elisitor pada sel tumbuhan dengan tujuan untuk menginduksi dan meningkatkan pembentukan metabolit sekunder (Fitriani, 2005). Salah satu proses elisitasi yaitu penambahan elisitor antara lain berupa NaCl 2% pada saat perendaman biji (Aminah dan

Meikawati, 2017). Elisitor merupakan perangsang adanya sinyal yang mengaktifkan enzim-enzim yang kemudian mengkatalis metabolisme pembentuk metabolit sekunder. Pengecambahan dengan teknik elisitasi dapat mempengaruhi peningkatan senyawa antioksidan antara lain vitamin C, polifenol, β -karoten (Apriliana, 2007).

C. Tempe

Tempe kedelai merupakan tempe yang paling dikenal luas dan paling banyak dimanfaatkan orang untuk lauk makanan. Tempe kedelai yang murni dari biji kedelai tanpa campuran bahan lain. Selain tempe kedelai, ada juga yang membuat tempe dari bahan lain, contohnya tempe benguk yang dibuat dari biji benguk, tempe lamtoro dari biji lamtoro, tempe gembus dibuat dari bahan bungkil tahu, tempe bungkil dari bungkil kacang tanah atau tempe bongkreng dari bungkil kelapa (Sarwono, 2005).

Prinsip utama dalam proses pembuatan tempe pada umumnya memiliki dua tahap yaitu persiapan dan fermentasi. Tahap persiapan pada pembuatan tempe bertujuan mengkondisikan media yang cocok untuk menunjang proses fermentasi. Proses fermentasi menghasilkan asam-asam organik seperti asam laktat dan asam asetat, antara lain bakteri dari kelompok *Enterobacillus*, sehingga terjadi pengasaman/ penurunan pH menjadi 4,5-5,3 (Nurrahman *et al.*, 2012a). Tahap persiapan meliputi perendaman, pengkulitan dan pemasakan. Proses perendaman pada kedelai dilakukan bertujuan untuk memudahkan pengelupasan kulit, kedelai lunak dan asam. Pengkulitan dilakukan bertujuan memisahkan kulit dari kotiledon untuk memudahkan penetrasi jamur ke dalam kedelai. Sedangkan pemasakan bertujuan mendapatkan kedelai lunak dan membunuh bakteri patogen yang akan mengganggu proses fermentasi tempe (Astuti, 2011).

Tahap fermentasi merupakan salah satu proses pengawetan makanan menggunakan mikroorganisme (Buckle *et al.*, 2007). Proses fermentasi dalam pembuatan tempe mempertahankan sebagian besar zat-zat gizi yang terkandung dalam kedelai, meningkatkan daya cerna proteinnya, serta meningkatkan kadar beberapa macam vitamin B (Muchtadi, 2010). Fermentasi pada kedelai yaitu

ditandai dengan terjadinya pertumbuhan jamur yang merubah kedelai menjadi tempe (Nurrahman *at el.*, 2012a).

Jamur yang digunakan untuk memproduksi tempe di Indonesia adalah *Rhizopus oligosporus*. Karakteristik sifat dari jamur *Rhizopus oligosporus* yaitu memiliki ukuran sporangifora sebesar <1 mm, *non-striated*, banyak membentuk rantai, suhu optimum pertumbuhan pada kisaran 32°-35°C, homothalik dan tidak terdapat zygospora (Samson, 1988). Proses fermentasi pada tempe menyebabkan tempe memiliki beberapa keunggulan yaitu terlihat dari komposisi zat gizi secara umum, daya cerna protein dan kandungan asam amino esensial yang lebih tinggi, zat anti gizi yaitu antitripsin dan asam fitat yang jauh lebih rendah. Tempe mengandung komponen antioksidan seperti isoflavon, vitamin E dan β-karoten. Senyawa antioksidan (isoflavon) pada tempe mungkin juga berkontribusi pada ekspresi gen. Aktivitas enzim antioksidan seperti superoksida dismutase, katalase dan glutation peroksidase secara signifikan meningkat oleh genistein (Rimbach *et al.*, 2008).

Berikut ini adalah tabel Standar Nasional Indonesia (SNI) tempe kedelai hitam segar yang dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. SNI tempe kedelai hitam segar

Kriteria uji keadaan	Persyaratan
Tekstur	Kompak (padat)
Warna	Putih merata pada seluruh permukaan
Bau	Bau khas tempe (tanpa adanya bau amoniak)
Kadar air (% bb)	Maks. 65
Kadar lemak (% bb)	Min. 7
Kadar protein (% bb)	Min. 15
Kadar serat kasar	Maks. 2,5
Kriteria uji cemaran logam	Persyaratan
Kadmium (Cd) (mg/kg)	Maks. 0,2
Timbal (Pb) (mg/kg)	Maks. 0,25
Timah (Sn) (mg/kg)	Maks. 40
Merkuri (Hg) (mg/kg)	Maks. 0,03
Cemaran Arsen (As) (mg/kg)	Maks. 0,25
Kriteria uji cemaran mikroba	Persyaratan
<i>Coliform</i>	Maks. 10
<i>Salmonella sp.</i>	Negatif/ 25 g

Sumber : SNI 01-3144-2015

D. Serat Kasar

Serat kasar makanan adalah komponen bahan makanan nabati yang penting yang tahan terhadap proses hidrolisis oleh enzim-enzim pada sistem pencernaan manusia (Anonim, 2006). Komponen yang terbanyak dari serat makanan ditemukan pada dinding sel tanaman. Komponen ini termasuk senyawa struktural seperti selulosa, hemiselulosa, pektin dan lignin. Serat merupakan bagian dari karbohidrat yang punya peran yang penting dalam menjaga kesehatan. Sumber serat yang paling utama adalah sayuran dan buah-buahan dibandingkan dengan sumber serat lainnya. Serat pangan berguna untuk mencegah berbagai penyakit degeneratif, seperti kanker usus besar (kanker kolon), aterosklerosis, gangguan jantung, diabetes mellitus, hipertensi dan penyakit batu ginjal (Astawan dan Leomitro, 2008).

Beberapa karbohidrat tidak dapat dihidrolisa oleh enzim-enzim pencernaan pada manusia. Sisa yang tidak dicerna ini dikenal dengan diet serat kasar yang kemudian melewati saluran pencernaan dan dibuang dalam feses. Serat makanan ini terdiri dari dinding sel tanaman yang sebagian besar mengandung 3 macam polisakarida yaitu selulosa, zat pektin dan hemiselulosa. Selain itu juga mengandung zat yang bukan karbohidrat yakni lignin (Piliang dan Djojosoebagio, 2002).

Mutu serat makanan dapat dilihat dari komposisi komponen serat makanan, dimana komponen serat makanan terdiri dari komponen yang larut *Soluble Dietary Fiber* (SDF) dan komponen yang tidak larut *Insoluble Dietary Fiber* (IDF) (Harland and Oberleas, 2001). Serat makanan *Total Dietary Fiber* (TDF) adalah serat makanan yang larut (SDF), sedangkan kelompok terbesarnya merupakan serat yang tidak larut (IDF) (Prosky and De Vries, 1992).

E. Vitamin E

Kacang kedelai (*Glycne max*) yang termasuk salah satu sumber pangan yang memiliki sejumlah produk turunan mulai dari produk hulu berupa kacang kedelai rebus (kacang bulu, Sunda), hingga tahu, tofu, tempe, kecap, susu kedelai, minyak kacang kedelai dan sebagainya. Vitamin E yang terkandung dalam kacang kedelai merupakan salah satu vitamin yang larut dalam lemak dan tidak larut dalam air. Menurut penelitian Fordham (1975) menyatakan kadar

vitamin E yang terdapat pada kedelai dan kecambah kedelai sebesar 1,48 mg/100 gram dan 1,10 mg/100 gram. Sedangkan menurut penelitian Astawan *et al.*, (2016) menyatakan kandungan vitamin E pada tepung tempe kecambah kedelai lebih tinggi dibandingkan dengan tepung tempe kedelai dengan nilai 5,08 mg/100gram dan 4,70 mg/100gram.

Vitamin E (α -Tokoferol) sangat penting bagi tubuh, akan tetapi jumlahnya sangat sedikit sekali dalam makanan yang belum diolah. Vitamin E atau tokofenol merupakan zat gizi yang memiliki sifat antioksidan yang dapat mencegah terjadinya penyakit degeneratif. Dari hasil penelitian terbukti bahwa peran vitamin E sebagai antioksidan lebih menonjol, seperti halnya karoten dan vitamin C (Lamid, 1995).

F. Antioksidan

Antioksidan adalah senyawa yang dapat menangkal atau meredam dampak negatif oksidan. Antioksidan bekerja dengan cara mendonorkan satu elektronnya kepada senyawa yang bersifat oksidan sehingga aktivitas senyawa oksidan tersebut dapat di hambat (Winarti, 2010). Antioksidan dibutuhkan tubuh untuk melindungi tubuh dari serangan radikal bebas. Antioksidan adalah suatu senyawa atau komponen kimia yang dalam kadar atau jumlah tertentu mampu menghambat atau memperlambat kerusakan akibat proses oksidasi. Antioksidan yang tinggi terdapat pada bahan pangan nabati.

Dalam beberapa penelitian bahan pangan nabati dinilai mempunyai keunggulan dalam perihal kesehatan dan pencegahan penyakit. Terutama pada penyakit degeneratif karena mengandung senyawa fitokimia. Kedelai dan hasil olahan produk berbahan dasar kedelai termasuk dalam hal ini yaitu produk tempe kedelai mempunyai komposisi kimia seperti isoflavon, vitamin E, β -karoten dan asam amino bebas bersifat antioksidan. Selain itu tempe juga mengandung mineral seperti Fe, Cu, Mn dan Zn yang berperan sebagai kofaktor enzim antioksidan (Nurrahman *et al.*, 2012a).

Menurut penelitian Hidayat (2010) menyatakan bahwa tempe yang terbuat dari biji kedelai hitam varietas detam 1 memiliki kandungan protein sebanyak 25,35%. Angka ini lebih tinggi dibandingkan tempe kedelai hitam varietas Wilis sebanyak 23,70%. Kadar isoflavon paling banyak terdapat dalam

fraksi etil asetat, sedangkan kadar Daidzein tertinggi dalam fraksi etil asetat biji kedelai Detam 1 (Daidzein 0,669%) namun tidak mengandung Genistein. Kadar isoflavon yang tinggi akan meningkatkan kadar kolesistokinin (KSK) plasma yang selanjutnya akan menekan keinginan untuk makan.

Isoflavon adalah suatu senyawa organik dengan rumus molekul $C_6-C_3-C_6$ yang tergolong flavonoid glikosida. Dalam kedelai terdapat tiga jenis isoflavon aglikon yaitu daidzein, glycitein dan genistein, sedangkan pada tempe mengandung juga Faktor-2 (6,7,4 trihidroksi isoflavon) yang mempunyai sifat antioksidan lebih kuat dari isoflavon dalam kedelai. Selama proses fermentasi tempe, isoflavon glikosida kedelai dikonversi menjadi isoflavon aglikon. Dalam bentuk aglikon, isoflavon lebih mudah diserap oleh usus halus. Isoflavon aglikon kemudian diubah menjadi isoflavan melalui isoflavanon, yang mana isoflavanon dan isoflavan memiliki aktivitas antioksidan lebih tinggi dibanding isoflavon (Jha, 1997).

Beberapa penelitian telah banyak mengkaji tentang sifat antioksidan tempe. Di dalam tempe terdapat senyawa isoflavon dan turunannya bersifat antioksidan, bahkan kemampuannya melebihi tokofenol dan cyanidanol yang mana dua senyawa tersebut sering digunakan sebagai antioksidan (Jha, 1997). Isoflavon bersifat antioksidan antara lain daidzein, glycitein dan Faktor-2 (Pawiroharsono, 1997). Pengujian sifat antioksidan tempe secara biologis dimana tikus yang mendapatkan diit defisiensi besi diberi tempe dalam jumlah semakin banyak menunjukkan semakin meningkatnya aktivitas SOD-nya (Astuti, 1997). Aktivitas tersebut lebih tinggi dibandingkan dengan diit yang mengandung kasein dan kedelai yang tidak difermentasi (Nurrahman *et al.*, 2012b).

G. Sifat Sensoris pada Tempe

Sifat sensoris pada tempe kedelai hitam memenuhi syarat SNI 01-3144-2015 yaitu dengan karakteristik warna putih merata pada seluruh permukaan, tekstur kompak (padat), agak keras, aroma dan rasa normal khas tempe (SNI, 2015).

Aroma langu kedelai hitam berubah, setelah menjadi produk tempe kedelai hitam mengalami penurunan bau langu. Hal ini disebabkan adanya aktivitas

enzim lipoksigenase yang ada secara alami terdapat pada kedelai. Enzim ini aktif saat biji kedelai pecah pada proses pengupasan kulit dan penggiling karna kontak dengan udara. Cara lain untuk menghilangkan aroma langu yaitu dengan pemanasan (Widowati, 2007). Hal ini disebabkan adanya inaktivasi enzim lipoksigenase.

Uji fisik tempe kedelai hitam jika ditinjau dari warna dan tekstur. Warna tempe kedelai hitam memiliki bintik-bintik hitam yang berasal dari pigmen hitam pada bagian kulit kedelai. Pigmen ini merupakan akumulasi dari antosianin, klorofil dan kombinasi berbagai senyawa (Astawan, 2004). Sedangkan tekstur tempe kedelai hitam seperti daging jika dilihat dari lebat tidaknya miselia yang tumbuh pada permukaan tempe namun cenderung lunak ketika dikunyah.

Aroma tempe dihasilkan pada fermentasi tempe. Hal ini karena adanya aktivitas enzim dari kapang untuk memecah protein dan lemak kedelai hingga membentuk aroma yang khas. Aroma yang muncul tergantung oleh jenis komponen yang dihasilkan selama proses fermentasi. Tempe yang masih baik memiliki rasa dan bau yang spesifik (Kasmidjo, 1990).

