

## **II. TINJAUAN PUSTAKA**

### **2.1. Ubikayu**

Ubikayu atau ketela pohon (*Manihot utilisima* atau *Manihot esculenta* crantz) merupakan pohonan tahunan tropika dan subtropika dari keluarga *Euphorbiaceae* yang sudah banyak ditanam hampir di seluruh dunia. Ubikayu tersebar di beberapa benua antara lain di benua Asia yaitu di Thailand, Vietnam, India, dan China, di Benua Afrika yaitu di Nigeria, Kongo, Ghana, Mozambik, Angola, dan Uganda, dan di Benua Amerika produksi ubikayu terbesar yaitu berasal dari Brazil (Gardjito, 2013). Tanaman ini masuk ke Indonesia pada tahun 1852 melalui Kebun Raya Bogor, dan kemudian tersebar ke seluruh wilayah Nusantara pada saat Indonesia kekurangan pangan, yaitu sekitar tahun 1914-1918 (Purwono, 2009).

#### **2.1.1. Perkembangan Ubikayu di Indonesia**

Indonesia merupakan negara penghasil ubikayu terbesar keempat dari 5 negara yaitu Nigeria, Brazil, Thailand, Indonesia, dan Kongo. Sekitar 60% dari total ubikayu di dunia dipenuhi oleh keempat negara tersebut (FAO, 2011). Dilihat dari urutan negara penghasil ubikayu terbesar di dunia, dapat dikatakan bahwa Indonesia memiliki potensi dalam memproduksi ubikayu. Potensi pengembangan

ubikayu di Indonesia masih sangat luas yang didukung dengan lahan untuk budidaya ubikayu cukup luas serta cukup banyaknya industri yang mengolah ubikayu (Pusdatin, 2014).

Produksi ubikayu di Indonesia dapat diperoleh melalui hubungan perbandingan lurus antara luas panen dan produktivitas itu sendiri. Berdasarkan data yang dihimpun oleh Badan Pusat Statistik (2016), luas panen ubikayu cenderung menurun sedangkan produktivitas cenderung meningkat. Karena produksi ubikayu merupakan perkalian antara luas panen dan produktivitas, maka produksi ubikayu di Indonesia mengalami fluktuasi namun dapat dikatakan memiliki tren yang meningkat. Produksi, luas panen, dan produktivitas ubikayu di Indonesia disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Produksi, luas panen, dan produktivitas ubikayu di Indonesia

Tahun	Produksi (Ton)	Luas Panen (Ha)	Produktivitas (Ton/Ha)
2008	21.756.991	1.204.933	18,057
2009	22.039.145	1.175.666	18,746
2010	23.918.118	1.183.047	20,217
2011	24.044.025	1.184.696	20,296
2012	24.177.372	1.129.688	21,402
2013	23.926.921	1.065.752	22,460
2014	23.436.384	1.003.494	23,355
2015	22.906.118	980.217	23,368

Sumber: BPS (2016)

Menurut Pusdatin (2014), Konsumsi rumah tangga ubikayu di tingkat rumah tangga di Indonesia selama tahun 2002-2013 mengalami kecenderungan menurun dari tahun ke tahun. Dapat dilihat pada tabel 2, rata-rata konsumsi rumah tangga untuk kurun waktu 2002-2013 sebesar 6,64 kg/kapita/tahun dan laju rata-rata

menurun 6,49% setiap tahunnya. Konsumsi ubikayu pada tingkat rumah tangga disajikan pada tabel 2.

Tabel 2. Perkembangan konsumsi ubikayu dalam rumah tangga di Indonesia

Tahun	Konsumsi Seminggu (kg/kapita/minggu)	Konsumsi setahun (kg/kapita/tahun)	Pertumbuhan (%)
2002	0,163	8,499	
2003	0,162	8,447	-0,61
2004	0,169	8,812	4,32
2005	0,162	8,447	-4,14
2006	0,141	7,352	-12,96
2007	0,134	6,987	-4,96
2008	0,147	7,665	9,70
2009	0,106	5,527	-27,89
2010	0,097	5,058	-8,49
2011	0,111	5,788	14,43
2012	0,069	3,598	-37,84
2013	0,067	3,494	-2,90
Rata-rata	0,127	6,640	-6,49

Sumber: Susenas, BPS diolah Pusdatin (2014)

Pada tahun 2013, konsumsi ubikayu dalam rumah tangga di Indonesia yaitu sebesar 3,494 kg/kapita/tahun sedangkan jumlah penduduk di Indonesia yaitu berkisar 249,9 juta penduduk (*World Bank*, 2015). Jika diakumulasikan konsumsi ubikayu dalam rumah tangga per tahun dengan jumlah penduduk 249,9 juta penduduk, maka kemungkinan total ubikayu yang dikonsumsi sebagai permintaan ubikayu pada rumah tangga yaitu sebesar 872,8 ribu ton ubikayu atau kurang lebih 3,6 persen dari total ubikayu, sedangkan sisanya yaitu pemanfaatan bahan baku industri seperti gapek, bioetanol, olahan tepung, pakan ternak, tercecer dan ekspor yaitu berkisar 23 juta ton ubikayu.

### 2.1.2. Perkembangan Ubikayu di Provinsi Lampung

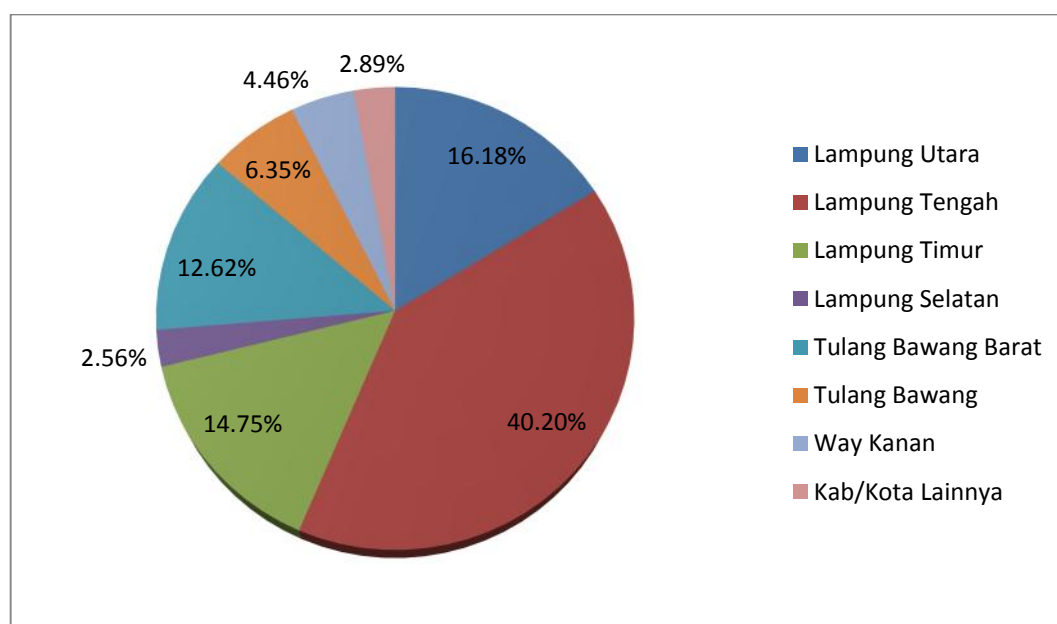
Provinsi Lampung merupakan salah satu provinsi penghasil komoditi utama ubikayu. Produksi ubikayu di Provinsi Lampung pada tahun 2015 mencapai 8,03 juta ton umbi basah. Produksi ini menyuplai sepertiga produksi ubikayu nasional dari total ubikayu nasional sebesar 22,91 juta ton umbi basah. Perkembangan produksi ubikayu pada tahun 2008 hingga 2011 menunjukkan tren yang meningkat. Hal ini didukung oleh luas panen dan produktivitas ubikayu yaitu selama pada tahun tersebut yang masih tetap memberikan tren yang meningkat. Penurunan produksi ubikayu terjadi pada tahun 2012 yaitu sebesar 806,32 ribu ton umbi basah dibandingkan dengan tahun 2011. Proses tersebut disebabkan berkurangnya luas panen meskipun produktivitas meningkat. Proses penurunan produksi ubikayu masih tetap terjadi hingga pada tahun 2014. Produksi, luas panen, dan produktivitas ubikayu di Provinsi Lampung disajikan pada Tabel 3 (BPS, 2016).

Tabel 3. Produksi, luas panen, dan produktivitas ubikayu di Provinsi Lampung

Tahun	Produksi (Ton)	Luas Panen (Ha)	Produktivitas (Ton/Ha)
2008	7.721.882	318.969	24,209
2009	7.569.178	309.047	24,492
2010	8.637.594	346.217	24,948
2011	9.193.676	368.096	24,976
2012	8.387.351	324.749	25,827
2013	8.329.201	318.107	26,184
2014	8.034.016	304.468	26,387
2015	8.038.963	301.684	26,647

Sumber: BPS (2016)

Sentra produksi ubikayu di Provinsi Lampung terletak di Kabupaten Lampung Tengah. Produksi ubikayu di Kabupaten Lampung Tengah pada tahun 2012 mencapai 3,37 juta ton umbi basah atau setara dengan 40,20 persen dari total produksi ubikayu Provinsi Lampung. Kemudian diikuti Kabupaten Lampung Utara sebagai produksi ubikayu terbesar kedua dengan menghasilkan 1,36 juta ton, diikuti Kabupaten Lampung Timur menghasilkan 1,24 juta ton, Tulang Bawang Barat 1,06 juta ton dan Tulang Bawang 0,53 juta ton. Kelima kabupaten tersebut mampu memproduksi ubikayu 90,10 persen dari total produksi ubikayu Provinsi Lampung (BPS, 2013). Persentase produksi ubikayu per kabupaten/kota disajikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Persentase produksi ubikayu per kabupaten/kota di Provinsi Lampung

### 2.1.3. Kandungan Gizi dan Kimia Ubikayu

Hal yang terpenting dalam konsumsi pangan adalah pemenuhan gizi yang dibutuhkan oleh tubuh yaitu meliputi karbohidrat, protein, lemak, vitamin, dan

mineral. Kandungan gizi ubikayu dalam tiap 100 gram bahan baku disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Kandungan gizi per 100 gram ubikayu

No.	Komponen gizi	Satuan	Kadar
1	Kalori	Kal	146,00
2	Protein	g	1,20
3	Lemak	g	0,30
4	Karbohidrat	g	34,70
5	Kalsium	mg	33,00
6	Fosfor	mg	40,00
7	Zat besi	mg	0,70
8	Vitamin A	SI	0,00
9	Vitamin B1	mg	0,06
10	Vitamin C	mg	30,00
11	Air	g	62,50
12	Bagian yang dapat dimakan	%	75,00

Sumber: Depkes RI (1992)

Selain kandungan gizi di atas, ubikayu juga mengandung racun yang dalam jumlah besar dan cukup berbahaya. Racun ubikayu yang selama ini kita kenal adalah asam biru atau asam sianida. Daun dan umbinya mengandung suatu glikosida sianogenik, artinya suatu ikatan organik yang dapat menghasilkan racun biru atau HCN yang bersifat sangat toksik (Sosrosoedirdjo, 1993). Kandungan sianida dalam ubikayu sangat bervariasi. Kadar sianida rata-rata dalam ubikayu manis dibawah 50 mg/kg berat asal, sedangkan ubikayu pahit/ racun diatas 50 mg/kg. Menurut *Food and Agriculture Organization* (FAO), ubikayu dengan kadar 50 mg/kg masih aman untuk dikonsumsi manusia (Winarno, 2004). Kadar HCN dapat dikurangi / diperkecil (detoksifikasi sianida) dengan cara perendaman, ekstraksi pati dalam air, pencucian, perebusan, fermentasi, pemanasan, pengukusan, pengeringan dan penggorengan (Coursey, 1973).

Ubikayu sebagai sumber karbohidrat dapat menggantikan sumber bahan pokok makanan lain sebagai pemenuhan zat gizi dan kalori pada tubuh. Pria dewasa yang bekerja ringan membutuhkan kalori sebanyak 2.800 kalori per hari, sedangkan pekerja berat membutuhkan 3.600 kalori per hari. Berdasarkan kandungan kalornya, beras mengandung 363 kal/100 gr, sedangkan ubikayu mengandung 146 kal/100 gr. Jika asumsi kebutuhan kalori per hari cukup 50% saja yang bersumber karbohidrat maka untuk seorang pekerja berat membutuhkan 1.800 kalori dari karbohidrat per hari, selebihnya diperoleh dari protein dan lemak yang dimakan. Dengan demikian pria dewasa yang bekerja berat tiap harinya membutuhkan sebanyak 496 gr beras atau asupan 1233 gr singkong (Gardjito, 2013). Menurut Musanif (2010), membuat perhitungan sebagai berikut, bila harga ubikayu Rp 1.000,-/kg (Rp 1,-/gr) dan harga beras Rp 5.000,-/kg (Rp 5,-/gr), maka dalam konsumsi kalori yang sama yaitu 1.800 kal/hari dibutuhkan biaya Rp 2.480,- dalam mengonsumsi beras atau dibutuhkan biaya Rp 1.233,- dalam mengonsumsi ubikayu. Jadi jelas untuk konsumsi ubikayu berdasarkan kebutuhan kalori lebih ekonomis daripada beras.

#### **2.1.4 Varietas dan Karakteristik Ubikayu**

Berdasarkan varietas ubikayu, ubikayu dibedakan menjadi dua macam :

1. Jenis ubikayu manis

Ubikayu manis yaitu jenis ubikayu yang dapat dikonsumsi langsung karena kadar HCN yang rendah.

## 2. Jenis ubikayu pahit

Ubikayu pahit yaitu jenis ubikayu untuk diolah atau prosesing karena kadar HCN yang tinggi (Winarno, 1995).

Petani biasanya menanam tanaman ubikayu dari golongan ubikayu yang manis atau tidak beracun untuk mencukupi kebutuhan pangan. Sedangkan untuk bahan dasar untuk keperluan industri biasanya dipilih dari golongan umbi yang pahit atau beracun. Ubikayu pahit mempunyai kadar pati yang lebih tinggi dan umbinya lebih besar serta tahan terhadap kerusakan, misalnya perubahan warna (Sosrosoedirdjo, 1993).

Menurut Gardjito (2013), Jenis ubikayu yang tidak pahit atau ubikayu konsumsi lebih banyak ditemukan pada varietas lokal antara lain mentega, manggis, wungu, mangler, roti, odang, jinggul, batak seluang, faroka, dan sebagainya. Varietas unggul nasional ubikayu konsumsi antara lain adira 1, adira 2, malang 1, malang 2, dan darul hidayah. Ubikayu tersebut dapat dikonsumsi karena memiliki karakter sebagai berikut :

1. Rasa tidak pahit dan enak
2. Warna umbi kuning/putih
3. Kandungan serat rendah
4. Bentuk umbi pendek dan kecil
5. Kandungan pati rendah
6. Kadar HCN rendah

Ubikayu untuk industri memiliki karakter sebagai berikut :

1. Rasa pahit (tidak menjadi masalah)



2. Warna umbi putih atau kuning
3. Kandungan serat ada yang tinggi dan ada pula yang rendah
4. Bentuk umbi panajang dan besar
5. Kadar HCN tinggi

Jenis ubikayu untuk industri, umumnya dapat dipilih dari varietas-varietas unggul nasional antara lain adira 4, uj 3, uj 5, malang 4, malang 6, dan darul hidayah.

Sifat unggul ubikayu yang dimaksudkan antara lain :

1. Produksi lebih dari 30 ton/ha.
2. Kadar karbohidrat antara 35% s/d 40%.
3. Umur panen pendek (kurang dari 8 bulan sudah dapat panen).
4. Tahan terhadap hama dan penyakit.
5. Rasa enak dengan kadar HCN kurang dari 80 mg/kg.

Berikut adalah varietas unggul ubikayu yang kebanyakan ada di Indonesia disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Varietas unggul ubikayu

Varietas	Tahun	Umur (Bulan)	Potensi (Ton/Ha)	Rasa	Warna Daging Umbi	Kadar Pati (%)	Kadar HCN (mg/kg)
Adira 1	1978	7-10	22	Sedang	Kuning	45	27,5
Adira 2	1978	8-10	21	Sedang	Putih	41	124
Adira 4	1986	10,5-11,5	35	Agak pahit	Putih	18-22	680
Malang 1	1992	9-10	36,5	Manis	Putih Kekuningan	32-36	<40
Malang 2	1992	8-10	31,5	Manis	Kuning muda	32-36	<40
Malang 4	2001	9	39,7	-	Putih	25-32	100
Malang 6	2001	9	36,41	-	Putih	25-32	100
Darul Hidayah	1998	8-10	102	Kenyal	Putih	25-31,52	<40

Tabel 5. (Lanjutan)

Varietas	Tahun	Umur (Bulan)	Potensi (Ton/Ha)	Rasa	Warna Daging Umbi	Kadar Pati (%)	Kadar HCN (mg/kg)
UJ-3	2000	8-10	20-35	Pahit	Putih kekuningan	20-27	>100
UJ-5	2000	8-10	25-48	Pahit	Kuning keputihan	19-30	>100

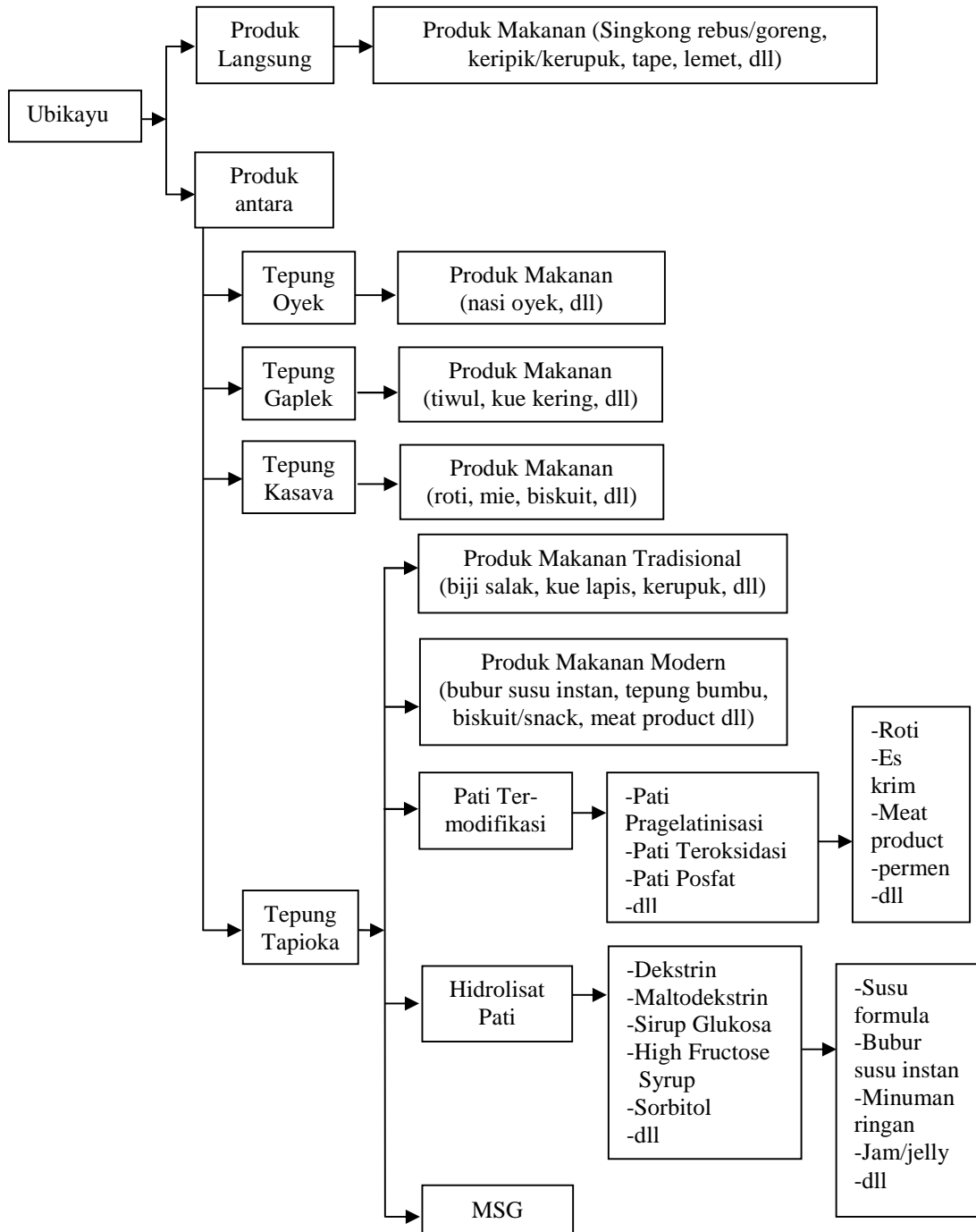
Sumber: Puslitbangtan (1993), Wargiono, dkk (2006), Balitkabi (2005); Balitkabi (2004) dalam Roja (2009)

### 2.1.5. Olahan Makanan Pokok Ubikayu

Tanaman ubikayu terdiri dari beberapa bagian yaitu daun, kulit, batang, dan umbinya. Hampir semua bagian tanaman dimanfaatkan, dengan kata lain salah satu tanaman yang tidak menghasilkan limbah. Bagaian kulit dapat digunakan sebagai pakan ternak. Bagian daun dapat digunakan untuk konsumsi industri makanan, lalapan pendamping makanan, dan pakan ternak. Bagian batang ubikayu digunakan sebagai bibit (stek) untuk penanaman ubikayu kembali. Bagian daging ubikayu dapat dimanfaatkan untuk berbagai produk olahan untuk konsumsi, kebutuhan industri makanan, dan bahan baku energi.

Daging ubikayu lebih banyak dimanfaatkan sebagai bahan baku dari berbagai produk olahan. Pemanfaatan produk olahan ubikayu mulai dari *raw material* dibagi menjadi dua yaitu produk olahan langsung dan produk olahan awetan. Produk olahan langsung terdiri dari produk olahan kering misal keripik dan kerupuk singkong; sedangkan produk olahan semi basah, antara lain tape, getuk, combro, misro, dan makanan tradisional lainnya. Sedangkan kelompok produk awetan antara lain, produk tapioka dan produk turunannya, gapek dan produk

turunannya (Gardjito, 2013). Skema produk olahan ubikayu disajikan pada Gambar 3.



Gambar 3. Skema pemanfaatan ubikayu untuk berbagai produk olahan (Supriadi, 2007)

Manfaat dan kegunaan ubikayu cukup luas terutama pada industri makanan berupa produk antara (*intermediate product*) seperti gaplek, sawut/chip, tepung ubikayu, onggok, dan tepung kasava yang sangat mungkin untuk dikembangkan di daerah-daerah sentra produksi ubikayu. Sangat sedikit sekali ubikayu dijual dalam bentuk segar. Hal ini dinyatakan oleh FAO (2011), ubikayu memiliki sifat bahan baku yang *bulky* dan *perishable* sehingga mengharuskan ubikayu untuk dibuat dan diperdagangkan dalam bentuk kering atau produk antara seperti gaplek atau chips. Bentuk tepung dari ubikayu sering disebut sebagai tapioka atau tepung tapioka (*flour*), sedangkan bentuk olahan lainnya adalah bentuk pati yang dikenal sebagai *cassava starch* (pati ubikayu). Produk antara dari ubikayu dapat dilanjutkan untuk diolah menjadi produk-produk turunan (*derivate product*) yang dimanfaatkan industri makanan dan minuman seperti glukosa, fruktosa, maltodekstrin, dan sebagainya (Poyuono, 2010).

Menu makanan utama berkarbohidrat yang biasanya dihidangkan dalam jumlah banyak disebut sebagai makanan pokok (Marwanti, 2000). Ubikayu juga dapat digolongkan sebagai bahan makanan pokok selain padi dan jagung, karena memiliki kandungan karbohidrat yang hampir setara dengan dua bahan makanan pokok tersebut. Di Indonesia, masyarakat memanfaatkan ubikayu sebagai bahan makanan pokok dengan berbagai sebutan, yaitu :

- a. Rasi (Beras Singkong) di Cirendeu, Jawa Barat.
- b. Tiwul di Gunung Kidul, DI Yogyakarta, dan wilayah selatan kabupaten Pulau Jawa, Wonogiri, Pacitan, Ponorogo, Trenggalek, Tulungagung, Blitar, dan Malang. Di wilayah pantai utara Jawa, Jepara, Rembang, dan Kudus.

- c. Nasi oyek serupa tiwul, di daerah Banyumas, Jawa Tengah.
- d. Aruk butiran dari singkong atau ubikayu di Bangka Belitung.
- e. Mie letek dari singkong, Bantul, DI Yogyakarta.
- f. Beras Siger (Beras Singkong) di Lampung

#### **2.1.5.1. Beras Analog**

Beras analog merupakan salah satu alternatif pengganti beras, karena bahan baku yang digunakan merupakan bahan non padi. Beras analog dapat dibuat menggunakan bahan baku tepung tapioka, tepung terigu, tepung singkong, tepung jagung, dan sebagainya. Produk ini disebut sebagai beras analog karena memiliki karakteristik dengan sifat fisik butiran, penanakan, dan tekstur yang menyerupai dengan beras pada umumnya (Machmur,dkk., 2011 dalam Budi, dkk., 2013). Pada proses pembuatan beras analog terdapat dua cara yaitu dengan cara granulasi (Satyagraha, 2009; Agusman,dkk., 2014) dan ekstrusi (Dewi, 2012; Hackiki, 2012; Muslikatin, 2012).

##### **a. Beras Analog Granulasi**

Beras analog metode granulasi mempunyai karakteristik yang masih jauh diharapkan yaitu bentuk yang bulat tidak seragam, densitas rendah, dan mudah pecah (Budi, dkk., 2013). Bentuk yang bulat tersebut pada beras analog metode granulasi merupakan hasil dari pembutiran tepung dengan alat *granulator*. Metode granulasi banyak diterapkan pada pembuatan beras analog tiwul, beras analog oyek dan beras analog modifikasi tepung lainnya.

## **b. Beras Analog Ekstrusi**

Metode ekstrusi merupakan metode yang sedang berkembang saat ini yang memiliki kelebihan kapasitas produksi besar dan menghasilkan produk yang menyerupai beras (Yeh and Jaw, 1999 dalam Budi, dkk., 2013). Teknologi ekstrusi pangan adalah proses mengalirkan bahan pangan melalui *barrel* dengan satu atau lebih variasi proses pencampuran, pemanasan, dan pengaliran serta melewati *die* yang didesain untuk membentuk hasil ekstrusi (Rossen and Miller, 1973 dalam budi, dkk., 2013). Hal tersebut yang menjadi beras analog banyak diunggulkan pada metode ekstrusi daripada metode granulasi.

Proses pembuatan beras analog dengan metode ekstrusi secara umum terdiri dari empat tahap antara lain, formulasi, prekondisi, ekstrusi, dan pengeringan (Chessari and Sellahewa, 2001 dalam budi, dkk., 2013). Formulasi yaitu melakukan pencampuran bahan baku beras analog dengan komposisi yang diinginkan. Beras analog menggunakan bahan baku tepung-tepungan dengan ukuran partikel 300 *mesh* (Mishra, dkk., 2012). Campuran kemudian dialirkan pada 1 unit alat *extruder* untuk dilakukan prekondisi adonan dengan mempertahankan kondisi suhu 80-90 C dan tetap basah selama waktu tertentu. Campuran akan melalui *extruder* untuk diberi uap dengan kondisi waktu tinggal tertentu agar panas uap terjadi di seluruh bahan campuran (Riaz, 2000 dalam budi, dkk., 2013).

Pada tahap ekstrusi campuran akan mengalami proses pemanasan yang sedikit lebih tinggi dan proses homogenisasi. Campuran kemudian dialirkan dan dilakukan pembentukan pada saat melalui *die* (pisau pemotong) sehingga

campuran yang dihasilkan oleh *die* akan keluar membentuk butiran yang menyerupai beras. Beras analog yang keluar pada *die* masih memiliki kadar air yang cukup tinggi. Oleh karena itu, beras analog harus dikeringkan dibawah sinar matahari atau menggunakan oven sampai kadar air dibawah 15%. Setelah dikeringkan beras analog dapat disimpan dalam kemasan (Budi, dkk., 2013). Kandungan gizi beras analog ekstrusi disajikan pada Tabel 6.

Tabel 6. Kandungan gizi produk bahan pangan pokok ubikayu per 100 gr bahan

Bahan Pangan	Zat Gizi					
	Energi (Kkal)	Protein (gr)	Lemak (gr)	Karbohidrat (gr)	Abu (gr)	Air (gr)
Gaplek	338	1,5	0,7	81,3	-	14,5
Beras Singkong	359	1,4	0,9	86,5	1,9	7,8
Beras Aruk	353	0,6	0,8	85,9	0,2	12,5
Beras Kufu	342	2,3	0,1	83,1	-	-
Beras analog	362	1,9	1,6	84,9	1	8
Oyek	342	2,3	0,1	83,1	-	-
Tiwul	363	1,1	0,5	88,2	-	-
Tepung Singkong	363	1,1	0,5	88,2	-	-
Tapioka	362	0,5	0,3	86,9	-	-

Sumber : Depkes RI (1992), Dinas Ketahanan Pangan Kab. Lampung Selatan (1996), Badan Ketahanan Pangan (2012), Yuwono (2015)

### 2.1.5.2. Tiwul Instan

Tiwul instan adalah makanan olahan modern yang memiliki karakteristik dengan sifat fisik butiran, penanakan, tekstur, dan penyajian yang menyerupai dengan beras pada umumnya (Hidayat, 2015). Menurut Winarno (1995), tiwul instan diperoleh dengan cara pengeringan, pati yang sudah kering akan menyerap air kembali. Produk instan akan lebih awet dan mudah penyajiannya. Pembuatan tiwul instan dimulai dengan mengupas ubikayu, kemudian ubikayu, dipotong-potong tipis, dicuci bersih dan direndam. Ubikayu yang sudah melalui proses

pencucian dan perendaman, dikeringkan selama lima hingga tujuh hari. Alternatif proses pengepresan (*dewatering*) sebelum pengeringan bisa dilakukan untuk mengurangi kadar HCN pada ubikayu. Pengeringan tradisional dapat dilakukan dengan cara menyebar ubikayu diatas atap, dijemur diatas tanah, tikar bambu, pinggir jalan, digantung dipagar, tali atau beranda. Pengeringan menggunakan alat dapat digunakan oven. Produk kering yang dihasilkan biasa disebut gaplek yang kemudian disimpan sebelum diolah menjadi tiwul. Penyimpanan gaplek biasanya digunakan sebagai cadangan untuk persediaan pangan sampai musim berikutnya yaitu sekitar 10 bulan (Sundari, 1993).

Gaplek merupakan produk antara ubikayu yang pada umumnya digunakan sebagai bahan baku makanan pokok seperti tiwul atau oyek. Produksi gaplek terbesar di Indonesia berada di pulau Jawa. Terdapat empat jenis gaplek dari proses pembuatannya, yaitu :

- a. Gaplek gelondong yaitu gaplek yang berbentuk memanjang
- b. Gaplek chips mempunyai ukuran kecil 3 cm
- c. Gaplek pellet mempunyai bentuk silindris dengan panjang 2 cm dan diameter 1 cm
- d. Gaplek butiran (tepung) dengan ukuran 100 mesh (Rusmarilin dan Purba, 2007).

Gaplek yang telah diproses selanjutnya gaplek digiling dan diayak dengan ayakan tepung sehingga menghasilkan produk yang kemudian disebut tepung gaplek. Komponen yang menentukan mutu tepung gaplek adalah kadar air, kadar pati, faktor kenampakan (kebersihan, jamur, benda asing), serat kasar, kadar abu, dan



kadar HCN. Tepung gaplek selanjutnya diletakkan dalam alat *granulator* yang berputar lalu diberi air sedikit demi sedikit sehingga akan diperoleh gumpalan tepung gaplek. Tepung gaplek tersebut dikukus sampai berwarna coklat kekuningan. Produk inilah yang disebut tiwul (Retno, 1994). Jika tiwul yang diinginkan dapat bertahan lebih lama, tiwul yang telah dikukus dikeringkan kembali untuk dijadikan produk tiwul instan. Kandungan gizi tiwul disajikan pada Tabel 6.

### **2.1.5.3. Oyek Instan**

Oyek merupakan makanan pokok yang serupa dengan tiwul namun yang membedakan hanya pada proses pengolahannya. Dalam pembuatan oyek didahului dengan ubikayu yang direndam untuk menghilangkan bau dan kotoran, selanjutnya dibuat tepung dan dikeringkan. Nama ilmiah oyek adalah beras singkong atau *cassava rice*, yang dapat digunakan sebagai beras pengganti bahan makanan pokok yang keseluruhan bahan bakunya berasal dari singkong. Beras singkong sangat populer di daerah Jawa Tengah dan Jawa Timur, serta pada sebagian masyarakat Sumatera Selatan dan Lampung (Hasan, 2012).

Menurut Sukarti (2010) dalam Hasan (2012), proses pembuatan oyek diawali dengan melakukan perendaman singkong selama 5 hari, kemudian dihancurkan dan dilakukan pemerasan. Ampas pada hasil perasan dibentuk butiran-butiran dengan diameter sekitar 2-3 mm. Butiran yang telah terbentuk kemudian dikukus selama 10 menit. Penggumpalan akan terjadi hingga akhir pengukusan. Butiran yang menggumpal didinginkan agar kembali menjadi butiran kembali. Butiran-

butiran beras singkong kemudian dikeringkan dibawah sinar matahari selama 2 hari atau menggunakan alat pengering. Setelah itu, Beras singkong atau oyek dapat dikemas dan dikonsumsi. Kandungan gizi oyek disajikan pada Tabel 6.

## **2.2. Agroindustri**

### **2.2.1. Industri**

Menurut Undang-undang No. 5 Tahun 1984 tentang Perindustrian, yang menyebutkan bahwa industri adalah kegiatan ekonomi yang mengolah bahan mentah, bahan baku, barang setengah jadi, dan/atau barang jadi menjadi barang dengan nilai yang lebih tinggi untuk penggunaannya, termasuk kegiatan rancangan dan perancangan industri. Berdasarkan pengertian diatas maka industri memiliki ruang lingkup segala kegiatan produksi yang memproses atau mengolah bahan-bahan mentah menjadi produk setengah jadi maupun produk jadi sehingga dapat bernilai dan berguna untuk memenuhi kebutuhan masyarakat. Industri sebagai suatu sistem terdiri dari unsur fisik dan unsur perilaku manusia. Unsur fisik yang mendukung proses industri adalah komponen tempat meliputi pula kondisinya, peralatan, bahan mentah/bahan baku, dan beberapa hal yang memerlukan sumber energi. Sedangkan unsur perilaku manusia meliputi komponen tenaga kerja, keterampilan, tradisi, transportasi, dan komunikasi, serta keadaan pasar dan politik (Dumairy, 1997).

### **2.2.2. Agroindustri dalam Sistem Agribisnis dan Lingkungannya**

Industri yang mengolah bahan baku yang bersumber dari nabati atau hewani disebut sebagai agroindustri. Proses pengolahan agroindustri mencakup proses transformasi dan pengawetan melalui perubahan fisik atau kimiawi, penyimpanan, pengepakan, dan distribusi. Dalam hal ini manfaat agroindustri akan secara otomatis meningkatkan nilai tambah produk pertanian, meningkatkan daya simpan, meningkatkan daya jual produk, serta produk yang dapat dipasarkan atau dikonsumsi (Austin, 1981 dalam Mangunwidjaja dan Illah, 2005).

Pengembangan agroindustri harus diawali dengan pemilihan jenis agroindustri terlebih dahulu untuk menentukan keberhasilan dan keberlanjutan agroindustri yang akan dikembangkan. Pilihan jenis agroindustri ditentukan oleh kemungkinan yang terjadi pada tiga komponen dasar agroindustri. Komponen dasar agroindustri antara lain :

#### **a. Pengadaan bahan baku**

Pengadaan bahan baku memiliki peran penting dalam agroindustri karena terkait dengan persediaan bahan baku dalam memproduksi produk agroindustri. Apabila bahan baku produksi banyak tersedia dan terjangkau dari tempat produksi maka proses pengolahan agroindustri untuk memperoleh produk akan berjalan lancar. Selain ketersediaan, pola penanganan bahan baku juga sangat penting karena apabila bahan baku mendapatkan perlakuan yang baik selama bahan baku dipanen dan disimpan hingga bahan baku diolah menjadi produk maka bahan baku akan menghasilkan mutu produk yang baik.

#### b. Pengolahan

Sebelum mengolah bahan baku, hal yang harus diperhatikan adalah karakteristik dari bahan baku tersebut. Bahan baku yang berasal dari pertanian (tanaman, hewan, ikan) pada umumnya memiliki karakteristik yaitu, musiman (*seasonality*), mudah rusak (*perishability*), dan beragam (*variability*). Proses pengolahan agroindustri mencakup proses transformasi dan pengawetan melalui perubahan fisik atau kimiawi, penyimpanan, pengepakan, dan distribusi. Rangkaian proses pengolahan harus disesuaikan dengan keadaan bahan baku serta tujuan olahan produk yang diinginkan.

#### c. Pemasaran

Pemasaran biasanya merupakan titik awal dalam analisis proyek agroindustri. Analisis pemasaran mengkaji lingkungan eksternal atau respon terhadap produk agroindustri yang akan ditetapkan dengan melakukan karakteristik konsumen, pengaruh kebijaksanaan pemerintah, dan pasar internasional (Soekartawi, 1991).

Agroindustri dalam sistem agribisnis merupakan bagian dari sub-sistem agribisnis yang disepakati, yaitu sub-sistem penyediaan sarana produksi dan peralatan, usaha tani, pengolahan hasil pertanian (agroindustri), pemasaran, sarana dan pembinaan (Soekartawi, 1991; Badan agribisnis, 1995). Berdasarkan pada sistem agribisnis, agribisnis memiliki perspektif mikro dan perspektif makro. Perspektif mikro terdiri dari beberapa elemen dasar sebagai landasan usaha agribisnis. Elemen-elemen dalam sistem agribisnis merupakan unsur terkecil pembentuk sistem agribisnis. Orientasi pembangunan usaha pertanian akan tercapai apabila elemen dalam sistem agribisnis tersebut dilaksanakan secara terpadu dan saling dihubungkan membentuk kesatuan. Elemen dasar sistem agribisnis antara lain :

a. Sumber daya alam dan lingkungan

Sumber daya alam dan lingkungan merupakan faktor utama untuk dimanfaatkan atau diolah. Sumber daya alam terkait erat dengan syarat tumbuh bagi kehidupan hayati dan hewani yakni dengan faktor-faktor lingkungan yaitu lahan, cahaya, panas, iklim, suhu udara, dan lain-lain yang sesuai.

b. Sumber Daya Manusia

Sumber daya manusia merupakan penggerak usaha pertanian baik aktif maupun pasif. Sumber daya manusia memegang peran penting dalam agribisnis karena, (1) Sumber daya manusia mempengaruhi efisien dan efektifitas usaha, (2) Agribisnis dapat tumbuh dan berkembang yang dijalankan oleh SDM dengan timbal balik kebutuhan manusia dapat terpenuhi. Oleh karena itu, perlu dikelolanya manajemen sumber daya manusia dengan baik untuk mencapai tujuan usaha pertanian yang efisien dan efektif.

c. Ilmu pengetahuan dan teknologi

Ilmu pengetahuan dan teknologi yaitu pengetahuan dan teknologi yang digunakan sumber daya manusia dalam mengelola sumber daya alam. Penggunaan ilmu pengetahuan dan teknologi akan terkait dengan ketersediaan, kesesuaian, dan keberlanjutan penerapannya. Pengetahuan dan teknologi tidak harus teknologi mutakhir dan canggih, tetapi yang sesuai, dapat diterapkan, dan dikembangkan sendiri oleh masyarakat agribisnis. Alih teknologi harus dipelajari, diadopsi atau dimodifikasi, dikembangkan, dan diterapkan.

d. Pasar

Pasar merupakan muara dari agribisnis sehingga diperlukan pemahaman mengenai pasar, pemasaran terutama manajemen pemasaran untuk mendirikan,

mengembangkan, mempertahankan dan meregenerasikan sistem agribisnis. Pasar dalam ilmu ekonomi diartikan sebagai pertemuan permintaan dan penawaran, pasar dalam arti sederhana adalah tempat terjadinya transaksi jual beli (penjualan dan pembelian) antara penjual dan pembeli pada waktu dan tempat tertentu. Pasar terbentuk karena ada konsumen yang membutuhkan produk dan ada produsen yang menawarkan produk sesuai kebutuhan konsumen sehingga terjadi pasokan pertukaran produk dengan aliran finansial atau transaksi. Pada umumnya suatu transaksi jual beli melibatkan produk/barang atau jasa dengan uang sebagai alat transaksi pembayaran yang sah dan disetujui oleh kedua belah pihak yang bertransaksi.

e. Finansial/Modal Kerja

Aspek finansial merupakan faktor pendukung untuk memulai agribisnis, untuk mengembangkan agribisnis, untuk mempertahankan agribisnis, untuk regenerasi agribisnis. Finansial secara internal berfungsi untuk modal kerja, investasi dan piutang sedangkan secara eksternal finansial berfungsi untuk membangun ketahanan finansial. Kedua performa ini akan meningkatkan kepercayaan pihak-pihak terkait (*agribusiness stakeholder*) sekaligus penguasaan sistem agribisnis untuk meningkatkan keunggulan posisi dalam persaingan.

f. Organisasi (kelembagaan)

Organisasi merupakan wadah bagi sekelompok sumber daya manusia yang melakukan kegiatan dan memiliki hubungan kerja untuk mencapai tujuan bersama. Peran organisasi dalam agribisnis dapat dikategorikan sebagai pelaku dan penunjang agribisnis. Pelaku adalah yang terlibat langsung pada kegiatan agribisnis sedangkan penunjang adalah yang tidak terlibat langsung pada kegiatan

agribisnis. Bentuk organisasi badan usaha agribisnis ada beberapa macam, pada umumnya berbentuk: Usaha perorangan; Firma; Persekutuan Komanditer (CV); Perseroan Terbatas; Badan Usaha Milik Negara; Perusahaan Daerah; Koperasi; dan Yayasan.

Perspektif makro merupakan lingkungan yang mempengaruhi elemen-elemen dasar bekerja. Lingkungan yang dimaksudkan adalah segala sesuatu yang ada diluar batas sistem tersebut mempengaruhi operasi sistem. Tujuan dari mengenali sistem agribisnis adalah untuk identifikasi pengaruh lingkungan yang menguntungkan dan yang merugikan, kemudian mengelola faktor yang menguntungkan atau mendukung sistem dan mengendalikan faktor yang merugikan agar tidak mengganggu kelangsungan hidup sistem. Lingkungan dan hal-hal yang mempengaruhi sistem agribisnis adalah :

1. Undang Undang dan Legalitas
2. Lingkungan Bisnis dan Strategi Bisnis
3. Kebijakan Ekonomi Mikro Pemerintah
4. Kebijakan Ekonomi Makro Pemerintah
5. Situasi Ekonomi Internasional
6. Faktor Lingkungan Lainnya (Maulidah, 2012).

### **2.3. Metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP)**

*Analytical Hierarchy Process* (AHP) Merupakan teknik untuk mendukung proses pengambilan keputusan yang bertujuan untuk menentukan pilihan terbaik dari beberapa alternatif yang dapat diambil. Metode AHP dikembangkan oleh

Dr. Thomas L. Saaty dari *Wharton School of Business* pada tahun 1970-an untuk mengorganisasikan informasi dan *judgement* dalam memilih alternatif yang paling disukai (Saaty, 1983). Metode AHP mudah dipahami oleh semua pihak yang terlibat dalam pengambilan keputusan karena sifat AHP yang menjelaskan secara grafis dari struktur hirarki, skala perbandingan, grafik, dan diagram. Penilaian dalam metode AHP memungkinkan pengguna atau responden untuk memberikan nilai bobot relatif dari suatu kriteria atau alternatif majemuk secara intuitif yaitu dengan melakukan perbandingan berpasangan (*pairwise comparisons*) (Marimin, 2004).

Beberapa keuntungan yang diperoleh bila memecahkan permasalahan dan mengambil keputusan dengan menggunakan metode AHP antara lain :

- a. Kesatuan : AHP memberikan satu model tunggal yang mudah dimengerti, luwes untuk aneka ragam persoalan tidak terstruktur.
- b. Kompleksitas : AHP memadukan ancangan deduktif dan ancangan berdasarkan sistem dalam memecahkan persoalan kompleks.
- c. Saling ketergantungan : AHP dapat menangani saling ketergantungan elemen-elemen dalam suatu sistem dan tidak memaksakan pemikiran linier.
- d. Penyusunan hierarki : AHP mencerminkan kecenderungan alami pikiran untuk memilah-milah elemen-elemen suatu sistem dalam berbagai tingkat berlainan dan



mengelompokkan unsur yang serupa dalam setiap tingkat.

- e. Pengukuran : AHP memberi suatu skala untuk mengukur hal-hal dan terwujud suatu metode untuk menetapkan prioritas.
- f. Konsistensi : AHP melacak konsistensi logis dari pertimbangan-pertimbangan yang digunakan untuk menetapkan berbagai prioritas.
- g. Sintesis : AHP menuntun ke suatu taksiran menyeluruh tentang kebaikan setiap alternatif.
- h. Tawar-menawar : AHP mempertimbangkan prioritas-prioritas relatif dari berbagai faktor sistem dan memungkinkan organisasi memilih alternatif terbaik berdasarkan tujuan-tujuan mereka.
- i. Penilaian dan konsesus : AHP tidak memaksakan konsesus tetapi mensintesiskan suatu hasil yang representatif dari berbagai penilaian yang berbeda.
- j. Pengulangan proses : AHP memungkinkan organisasi memperhalus definisi mereka pada suatu persoalan dan memperbaiki pertimbangan dan pengertian mereka melalui pengulangan (Marimin, 2004).

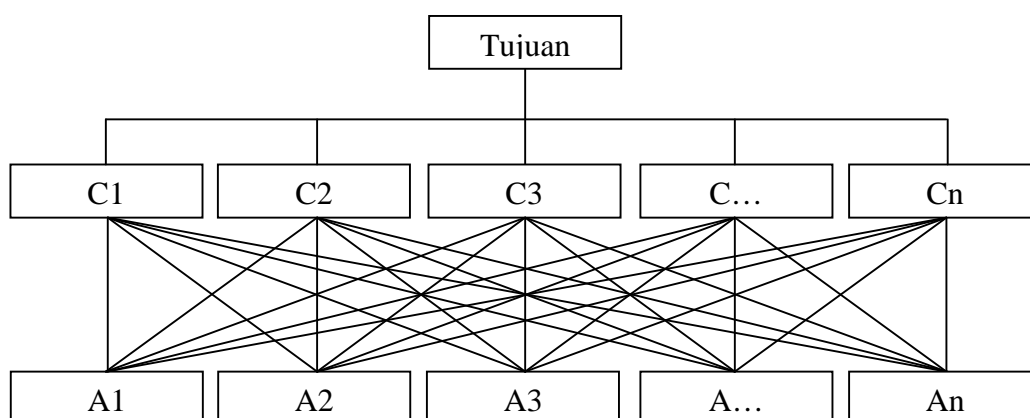
Secara umum prinsip kerja AHP terdiri dari beberapa tahap yaitu penyusunan hierarki, penentuan prioritas, dan rasio konsistensi (Kosasi, 2002 dan Marimin,

2004). Tahapan pengambilan keputusan dengan menggunakan metode AHP secara rinci antara lain :

1. Mendefinisikan masalah dan menentukan solusi yang diinginkan.
2. Membuat struktur hierarki yang diawali dengan tujuan umum, dilanjutkan dengan kriteria-kriteria, sub kriteria dan alternatif-alternatif pilihan yang ingin diranking.
3. Membentuk matriks perbandingan berpasangan yang menggambarkan kontribusi relatif atau pengaruh setiap elemen terhadap masing-masing tujuan atau kriteria yang setingkat di atasnya. Perbandingan dilakukan berdasarkan pilihan atau *judgment* dari pembuat keputusan dengan menilai tingkat kepentingan suatu elemen dibandingkan elemen lainnya.
4. Menormalkan data yaitu dengan membagi nilai dari setiap elemen di dalam matriks yang berpasangan dengan nilai total dari setiap kolom.
5. Menghitung nilai *eigen vector* dan menguji konsistensinya, jika tidak konsisten pengambil data (preferensi) perlu diulangi. Nilai *eigen vector* yang dimaksud adalah nilai *eigen vector* maximum yang diperoleh dengan menggunakan matlab maupun manual.
6. Mengulangi langkah 3,4, dan 5 untuk seluruh tingkat hierarki.
7. Menghitung *eigen vector* dari setiap matriks perbandingan berpasangan. Nilai *eigen vector* merupakan bobot setiap elemen. Langkah ini mensintesis pilihan dan penentuan prioritas elemenelemen pada tingkat hierarki terendah sampai pencapaian tujuan.
8. Menguji konsistensi hierarki. Jika tidak memenuhi dengan  $CR < 0,1$  maka penilaian harus diulang kembali (Saaty, 1993).

### 2.3.1. Penyusunan Hierarki

Penyusunan hierarki merupakan prinsip kerja awal dalam melakukan pengambilan keputusan menggunakan metode AHP. Persoalan yang akan diselesaikan, diuraikan menjadi unsur-unsurnya, yaitu kriteria dan alternatif, kemudian disusun menjadi struktur hierarki. Kemungkinan alternatif-alternatif yang ada dicatat kemudian disusun mulai dari tingkat yang paling bawah. Berbagai alternatif yang telah didapat harus didasari dengan beberapa kriteria untuk dipertimbangkan yang disusun diatas alternatif. Kriteria tersebut kemudian yang akan dibandingkan menurut tingkat kontribusi tiap alternatif. Puncak dari hierarki yaitu tujuan yang ingin dicapai (Marimin, 2004). Susunan hierarki disajikan pada Gambar 4.



Gambar 4. Struktur hierarki dalam AHP (Saaty, 2006)

Hierarki yang telah disusun tidak harus kaku, hierarki dalam metode AHP dapat bersifat fleksibel untuk diubah jika nantinya terdapat ide kriteria baru yang terpikirkan atau terdapat kriteria yang dianggap tidak penting untuk dihilangkan ketika pertama kali merancangnya. Terkadang kriteria itu sendiri harus diperiksa secara rinci yaitu dengan penyisipan tingkatan subkriteria diantara kriteria dan alternatif.

### 2.3.2. Penentuan Prioritas

Kriteria dan alternatif dinilai melalui perbandingan berpasangan. Menurut Saaty (1983), Pemberian skala kuantitatif 1 sampai dengan 9 adalah skala terbaik untuk menilai perbandingan tingkat suatu kriteria yang satu dengan kriteria lain. Pada dasarnya skala ini adalah proses yang paling mudah dalam membandingkan dua hal dengan keakuratan perbandingan yang dapat dipertanggungjawabkan. Nilai dan definisi skala perbandingan saaty dalam metode AHP disajikan pada Tabel 7.

Tabel 7. Skala perbandingan dan definisi kualitatif Saaty dalam metode AHP

Nilai	Keterangan	Penjelasan
1	Kedua variabel sama pentingnya	Dua variabel mempunyai pengaruh yang sama besarnya terhadap tujuan
3	Variabel yang satu sedikit lebih penting dari pada variabel yang lainnya	Pengalaman dan penilaian sedikit menyokong satu variabel dibanding variabel lainnya
5	Variabel yang satu jelas lebih penting dari pada variabel yang lainnya	Pengalaman dan penilaian sedikit menyokong satu variabel dibandingkan variabel lainnya
7	Variabel yang satu sangat jelas lebih penting dari pada variabel lainnya	Satu variabel yang kuat disokong dan dominan terlihat dalam prakteknya
9	Satu variabel mutlak penting dari pada yang lainnya	Bukti yang mendukung variabel yang satu terhadap variabel lain memiliki tingkat penegasan tertinggi yang mungkin menguatkan
2,4,6,8	Nilai-nilai antara dua nilai pertimbangan yang berdekatan	Nilai ini diberikan bila ada dua kompromi diantara dua pilihan
Kebalikan	Jika untuk aktifitas i mendapat satu angka dibandingkan dengan aktifitas j, maka j mempunyai nilai kebalikannya dibanding i	

Sumber: Saaty (1993).

Setiap alternatif dan kriteria perlu dilakukan penyusunan prioritas elemen dengan menyusun perbandingan berpasangan (*pairwise comparison*) yaitu membandingkan dalam bentuk berpasangan seluruh elemen untuk setiap sub hierarki. Perbandingan tersebut ditransformasikan dalam bentuk matriks dengan asumsi terdapat  $n$  objek yang dinotasikan dengan  $(A_1, A_2, A_3, \dots, A_n)$  yang akan dinilai berdasarkan pada nilai kepentingannya  $A_i$  dan  $A_j$  dipresentasikan dalam

matriks *Pairwise Comparison*. Matriks perbandingan berpasangan disajikan pada Gambar 5.

	A1	A2	...	An
A1	A11	A12	...	A1n
A2	A21	A22	...	A2n
...	...	...	...	...
An	An1	An2	...	Ann

Gambar 5. Matriks perbandingan berpasangan (Saaty, 1993)

Seorang *decision maker* akan memberikan penilaian, mempersepsikan, ataupun memperkirakan kemungkinan dari sesuatu hal peristiwa yang dihadapi. Matriks tersebut terdapat pada setiap *level of hierarchy* dari suatu struktur model AHP yang membagi habis suatu persoalan. Contoh *Pairwise Comparison Matriks* yang sudah diberikan penilaian oleh *decision maker* disajikan pada Gambar 6.

	I	J	K
I	1	$\frac{1}{2}$	3
J	2	1	4
K	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{4}$	1

Gambar 6. Contoh nilai matriks perbandingan berpasangan

Asumsi variabel  $i$ ,  $j$ , dan  $k$  adalah kriteria atau alternatif yang sudah ditentukan. Perbandingan variabel kedua kriteria atau alternatif yang sama dianggap sama-sama penting, oleh karena itu diberikan nilai *judgement* sebesar 1. Cara membaca atau membandingkannya yaitu mulai dari kiri ke kanan. Jika  $i$  dibandingkan dengan  $j$ , maka  $j$  sedikit lebih penting dari pada  $i$  dengan nilai judgement sebesar 2. Dengan demikian pada baris 1 kolom 2 diisi dengan kebalikan dari 2 yaitu  $\frac{1}{2}$  yang artinya jika  $i$  dibanding  $j$  maka  $j$  sedikit lebih penting dari  $i$ . Begitu pula

seterusnya, semakin besar nilai perbandingannya yang diberikan antara kedua variabel kriteria atau alternatif, semakin besar pula pengaruh tingkat kepentingan salah satu antara variabel.

Matriks di atas akan diolah untuk menentukan bobot dari kriteria atau alternatif, yaitu dengan menentukan nilai *eigen* (*eigen vector*). Nilai eigen dihitung dengan manipulasi matriks atau melalui penyelesaian persamaan matematik. Tahapan dalam mendapatkan nilai eigen adalah :

1. Kuadratkan matriks tersebut dengan nilai *judgement* yang telah didesimalkan. Misalkan alternatif atau kriteria adalah A, dan  $A^2 = B$  maka:

$$B = A^2 = \begin{bmatrix} A_{11} & A_{21} & A_{\dots} & A_{n1} \\ A_{12} & A_{22} & A_{\dots} & A_{n2} \\ A_{\dots} & A_{\dots} & A_{\dots} & A_{\dots} \\ A_{1n} & A_{2n} & A_{\dots} & A_{nn} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} A_{11} & A_{21} & A_{\dots} & A_{n1} \\ A_{12} & A_{22} & A_{\dots} & A_{n2} \\ A_{\dots} & A_{\dots} & A_{\dots} & A_{\dots} \\ A_{1n} & A_{2n} & A_{\dots} & A_{nn} \end{bmatrix}$$

- Matriks baris 1 kolom 1 =  $(A_{11} \times A_{11}) + (A_{21} \times A_{12}) + \dots + (A_{n1} \times A_{1n})$
- Dan seterusnya sampai baris ke-n dan kolom ke-n

2. Lakukan iterasi ke-1 dengan menghitung jumlah nilai dari setiap baris, kemudian lakukan normalisasi.

$$B = \begin{bmatrix} B_{11} & B_{21} & B_{\dots} & B_{n1} \\ B_{12} & B_{22} & B_{\dots} & B_{n2} \\ B_{\dots} & B_{\dots} & B_{\dots} & B_{\dots} \\ B_{1n} & B_{2n} & B_{\dots} & B_{nn} \end{bmatrix} \begin{array}{l} \text{Hasil normalisasi} \\ (B_{11} + \dots + B_{n1}) / B \text{ total} \\ (B_{12} + \dots + B_{n2}) / B \text{ total} \\ \dots\dots\dots \\ (B_{1n} + \dots + B_{nn}) / B \text{ total} \end{array}$$

3. Lakukan kembali iterasi ke-2 dengan jalan yang sama dengan mengkuadratkan matriks B untuk memperoleh matriks C. kemudian jumlahkan kembali dengan menghitung jumlah nilai dari setiap baris matriks C kemudian lakukan normalisasi.

$$C = \begin{bmatrix} C_{11} & C_{21} & C_{\dots} & C_{n1} \\ C_{12} & C_{22} & C_{\dots} & C_{n2} \\ C_{\dots} & C_{\dots} & C_{\dots} & C_{\dots} \\ C_{1n} & C_{2n} & C_{\dots} & C_{nn} \end{bmatrix} \begin{array}{l} \text{Hasil normalisasi} \\ (C_{11}+\dots+C_{n1}) / C \text{ total} \\ (C_{12}+\dots+C_{n2}) / C \text{ total} \\ \dots\dots\dots \\ (C_{1n}+\dots+C_{nn}) / C \text{ total} \end{array}$$

4. Lakukan selisih antara vektor matriks B dengan C. Langkah ini diulang hingga nilai selisih antar iterasi tidak mengalami perubahan ( $=0$ ). Nilai iterasi yang diperoleh tersebut selanjutnya menjadi urutan prioritas atau *eigen vector*.

Tidak semua alternatif harus menggunakan matriks perbandingan berpasangan. Jika data kualitatif tidak memungkinkan dalam menilai bobot alternatif, maka bisa menggunakan data kuantitatif dalam pembobotan. Data kuantitatif dapat berupa angka terkait dengan efisiensi waktu atau jumlah material yang digunakan. Nilai bobot dapat dihitung dengan membagi waktu atau jumlah material tiap alternatif terhadap keseluruhan waktu atau jumlah material yang dihasilkan sehingga akan didapat tingkat kepentingannya (Marimin, 2004)

### 2.3.3. Rasio konsistensi

*Consistency Ratio* (CR) merupakan parameter yang digunakan untuk memeriksa konsistensi penilaian responden yang diisikan ke dalam kuisioner untuk dilakukan secara konsekuen atau tidak. Nilai rasio konsistensi diperoleh dengan membagi indeks konsistensi hierarki atau *Consistency Index* (CI) dengan indeks konsistensi acak hierarki atau *Random Indeks* (RI). Nilai rasio dinyatakan konsisten apabila nilai rasio konsistensi  $<0,1$ . Langkah-langkah dalam menentukan rasio konsistensi adalah :

1. *Weighted Sum Vector* yaitu mengalikan matriks perbandingan berpasangan alternatif (A) terhadap matriks nilai eigen alternatif yang bersesuaian dengan kriterianya (P) untuk memperoleh matriks (B) yang berukuran nx1.

$$B = A.P$$

$$\begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \\ \dots \\ b_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} p_1 \\ p_2 \\ \dots \\ p_n \end{bmatrix}$$

2. Menghitung *Consistency vector* atau *Eigen Value Maksimum* ( Maks)

$$\text{Maks} = \left[ \begin{matrix} n \\ \frac{b_i}{P_i} \\ i-1 \end{matrix} \right] : n$$

keterangan:

- n : banyaknya alternatif  
 bi : nilai *weighted sum vector*  
 pi : nilai eigen

3. Menghitung Indeks Konsistensi (CI).

$$CI = \frac{\text{Maks} - n}{n-1}$$

4. Menghitung Rasio Konsistensi (CR). Jika rasio konsistensi (CR) < 0,1 maka hasil sudah dapat diterima.

$$CR = \frac{CI}{RI}$$

Keterangan :

RI : Nilai random indeks

Tabel 8. Nilai indeks random

N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
RI	0,00	0,00	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49	1,51	1,48	1,56

Sumber: Marimin (2004)



Pada dasarnya perhitungan atau langkah metode AHP diatas hanya dapat digunakan untuk mengolah data dari satu responden ahli. Namun demikian dalam aplikasinya penilaian kriteria dan alternatif dapat dilakukan oleh beberapa ahli multidisipliner. Konsekuensinya pendapat beberapa ahli tersebut dicek konsistensinya satu persatu. Pendapat yang konsisten kemudian digabungkan dengan menggunakan rata-rata geometrik. Rumus rata-rata geometrik adalah :

$$\overline{X}_G = \sqrt[n]{\prod_{i=1}^n x_i} \quad \text{atau} \quad \overline{X}_G = \sqrt[n]{(X_1)(X_2) \dots (X_n)}$$

Keterangan :

$\overline{X}_G$  = rata-rata geometrik

n = jumlah responden

$X_i$  = penilaian oleh responden ke-I

$\prod_{i=1}^n$  = perkalian dari elemen ke-1 sampai ke-n

$X_1$  = Responden ke-1

$X_2$  = Responden ke-2

$X_n$  = Responden ke-n

Hasil penilaian gabungan ini yang kemudian dapat diolah dengan prosedur AHP (Marimin, 2004).

#### 2.4. Penyelesaian metode AHP dengan *Expert Choice*

Perkembangan teknologi semakin memudahkan kita dalam melakukan sesuatu pekerjaan. Selain didapat dilakukan secara manual seperti diuraikan diatas, penyelesaian AHP dapat dilakukan dengan program aplikasi *expert choice*. Langkah-langkah dalam menjalankan program *expert choice* adalah :

1. Instal software *Expert Choice* pada komputer dengan benar
2. Jalankan program dengan perintah klik *Start / Program / Expert Choice* atau *double click* pada *icon Expert Choice* di layar *desktop* komputer.

3. membuat *file* baru dengan perintah *File / New*. Kemudian akan muncul jendela penyimpanan untuk *file* baru yang akan dibuat. Isikan nama *file* sesuai keinginan. Kemudian klik *open*.
4. Jendela *Goal Description* akan muncul. Pada jendela ini isikan tujuan atau *goal* yang ingin dicapai, kemudian klik OK.
5. Tujuan atau *goal* akan muncul pada jendela ruang kerja dengan sebuah *node* yang merupakan hierarki level utama.
6. Masukkan hierarki tingkat dua sebagai anak atau turunan hierarki yaitu kriteria yang digunakan dengan melakukan perintah klik kanan pada *node* hierarki utama kemudian pilih *Insert Child of Current Node*.
7. Turunan hierarki akan muncul kemudian memasukkan kriteria dengan mengetik kategori kriteria pertama jika ingin memasukkan kriteria kedua dengan klik enter dan seterusnya sampai semua kriteria yang diinginkan terisi.
8. Selanjutnya masukkan alternatif-alternatif komoditi yang akan dikembangkan dengan melakukan perintah klik *icon Add Alternatif* pada bagian pojok kanan atas jendela atau dengan klik kanan pada *node goal / alternative / insert*, lalu isikan alternatif komoditinya.
9. Lakukan penilaian dengan tahap pembobotan pertama pada hierarki tingkat dua (kriteria) terhadap hierarki tingkat pertama (*goal*). Dalam hal ini akan diketahui kriteria yang memiliki tingkat kepentingan yang besar. Langkah yang dilakukan dengan klik *node* utama atau *goal*, klik menu *assesment* pada *menu bar*, kemudian pilih *pairwise* (perbandingan berpasangan).

10. Jendela *compare the relative preference with respect to : Goal* akan muncul. Pada jendela ini akan terdapat kotak dengan skala seperti tombol radio yang dapat anda geser ke kanan atau ke kiri sesuai dengan bobot yang akan diberikan. Isi semua kolom-kolom yang telah disediakan oleh responden. Kelebihan analisis menggunakan *expert choice* ini yaitu informasi tentang konsistensi penilaian dapat langsung diketahui. Syarat konsistensi penilaian yaitu  $<0,1$  untuk dinyatakan konsisten. Jika pembobotan telah selesai, klik *calculate* pada *toolbar*.
11. Selanjutnya yaitu pembobotan kedua antara hierarki tingkat dua (kriteria) terhadap hierarki tingkat tiga (alternatif). Langkahnya sama dengan pembobotan pertama dengan klik pada kriteria 1 (di bawah *goal*), klik *assesment* pada *menu bar*, pilih *pairwise*. Selanjutnya klik *calculate* pada *toolbar*. Begitu seterusnya sampai semua kriteria telah dinilai bobotnya.
12. Setelah semua dilakukan penilaian, selanjutnya perolehan hasil dengan melakukan perintah klik *menu bar synthesize / pilih with respect to goal*. Maka akan muncul alternatif komoditi yang dapat dipilih dan direkomendasi untuk dikembangkan (Mawardi, 2013).