

KAPITEL III

Energieversorgungssituation und Energiepotentiale in Indonesien

3.1. Überblick

Die Entwicklung der Energieversorgung ist Gegenstand des 'Langfristigen Entwicklungsplans Stufe I (1969-1994)'. Indonesien ist bei der Energieversorgung auf die Nutzung fossiler Energieträger angewiesen. Das staatliche Energieversorgungsunternehmen PLN (Perusahaan Listrik Negara) besitzt das Monopol für die Energieversorgung, welche auf zentralen Strukturen aufbaut. Viele Energieversorgungsprojekte wurden auf Java installiert. Nur wenige liegen außerhalb von Java, weil sich der Verbrauch von elektrischer Energie hauptsächlich auf Java konzentriert.

Ein Gesetz für die Energiepolitik Indonesiens ist in Entwicklung, aber es ist nur schwer zu verwirklichen. Obwohl es in Indonesien schon ein Gesetz zur Energieversorgung und zur allgemeinen Planung der nationalen Elektrizitätsversorgung/RUKN (Rencana Umum Ketenagalistrikan Nasional) gibt, das von der PLN entwickelt und unterstützt wird, bleibt das Problem, daß es keine Transparenz bei der Durchführung und bei der Entwicklung einer Energieversorgung gibt.

Die Entwicklung regenerativer Energien wird in Indonesien bereits vorangetrieben. Beispiele sind Wasserkraftanlagen, Solarenergie, Gasifikation und Windenergie. Basierend auf der Erforschung der Energiepotentiale von regenerativen Energien wurde festgestellt, daß regenerative Energiepotentiale zahlreich vorhanden sind. Selbstbau-Wasserkraftanlagen und Solarenergie werden an einigen Standorten schon kommerziell genutzt. Die Entwicklung regenerativer Energieformen wird Probleme bei Finanzierung, Management und Wartung mit sich bringen.

Die Bevölkerung in ländlichen Regionen ist auf die Nutzung von Energiequellen aus Biomasse wie Holz sowie auf Erdöl angewiesen. Die Nutzung der Elektrizität in den ländlichen Regionen ist nicht sehr verbreitet. Die meiste Elektrizität wird für Beleuchtung und Freizeit genutzt, weniger für produktive Zwecke.

3.2 Situation der Energiepolitik in Indonesien

Der Aufbau einer Energiepolitik für Indonesien wird von dem Aspekt der Höhe des Verbrauchs an elektrischer Energie im industriellen und kommerziellen Sektor, im Verkehrssektor und in den privaten Haushalten bestimmt. Zur Zeit beträgt der Elektrifizierungsgrad nur etwa 50%. Die PLN plant, daß im 7. Fünfjahresplan/Repelita VII

(2004) ein Elektrifizierungsgrad von nahezu 100% erreicht werden soll, was aber aus wirtschaftlichen und technischen Gründen nicht sehr realistisch ist.

Basierend auf den Richtlinien des politischen Programmes der Regierung (GBHN) von 1993 wurden folgende Schwerpunkte der Energiepolitik definiert (GBHN 1993, S.226 –229):

- a. Die Energieentwicklung ist bestimmt für den nationalen Aufbau, die Verbesserung des Lebensstandards und die Forschung. Die Bereitstellung elektrischer Energie muß den Bedarf in der Gesellschaft befriedigen. Es ist eine Verbesserung der Stromqualität und der Dienstleistung zu erwirken. Der Ausbau des Energiesektors benötigt eine langfristig verfügbare Energiequelle. Energieverbrauch im Inland, Gelegenheit zum Export von Energie, Verteidigung, Sicherheit, Gesellschaft und Umweltfreundlichkeit müssen auch beachtet werden. Der Ausbau der Energie wird durch Untersuchung, Erforschung, Nutzung der regenerativen Energien und mit dem Ziel einer Verbesserung der Effizienz und Effektivität in den Bereichen Förderung, Transport und Verarbeitung der Primärenergieträger vorangetrieben. Für begrenzte Energiequellen werden Energiesparprogramme, Diversifizierung im Energiebereich sowie die Nutzung alternativer Energien und effizienter Technologien im Rahmen von GBHN optimiert werden müssen.
- b. Die Nutzung regenerativer Energien wie Solarenergie, Wasserkraft, Windenergie, Biomasse, Erdwärme und Meeres - Energie wird gesteigert werden müssen. Das Prinzip der Entwicklung von regenerativen Energien ist ökonomisch, führt zur Verbesserung der Technologie, der gesellschaftlichen Akzeptanz und Umweltfreundlichkeit. Die Entwicklung der Energie in den Dörfern wird die Nutzung der lokal verfügbaren Potentiale der Gesellschaft durch Unterstützung einer Eigenproduktion steigern.
- c. Das Wachstum der Energienutzung muß kontrolliert werden. Der Weg dazu muß in der Schonung der Reserven an Erdöl und anderer Energie und dem Auffinden alternativer Lösungen, die zu einem richtigen Verständnis beim Umgang mit Energie und Energieträgern führen, liegen.
- d. Die Entwicklung und der Aufbau der Elektrizitätsenergie wird forciert werden müssen. Besonders Elektrizität für die ökonomische Aktivität und die Steigerung des Lebensstandards in den Dörfern und den Städten wird benötigt. Die Ent-

wicklung der Infrastruktur für Elektrizitätsenergie wird von der Regierung, von Privatunternehmen und von Kooperationen getragen.

- e. Das Programm zur Elektrifizierung in Dörfern wird noch weiter entwickelt, um die ökonomischen Aktivitäten zu unterstützen und die Steigerung der lokalen Produktion dieser Gesellschaften in den Dörfern zu fördern.
- f. Forschung, Entwicklung, Ausbildung und Praxis im Bereich der Energietechnologie sind zu fördern, besonders zur Unterstützung des ökonomischen Sektors.

Der Anteil der privaten Energieerzeuger an der Energieversorgung liegt zur Zeit etwas niedriger als der PLN. Die privaten Energieerzeuger produzieren für den eigenen Bedarf oder verkaufen an die PLN.

Im Gesetz No. 15 von 1985, Kapitel 7, Artikel 2 wird sinngemäß erklärt: Unter dieser Bedingung erteilt die Regierung privatwirtschaftlichen Unternehmen die Erlaubnis für die Elektrizitätserzeugung zur Energieversorgung. Die Energieverteilung und der Verkauf werden jedoch weiterhin über die PLN abgewickelt.

In dem Erlaß des Präsidenten (*Keppres*) No 37 von 1992 wird erklärt, daß die Regierung Indonesiens die Privatunternehmen zur Teilnahme an der Entwicklung der Energieversorgung in der Gesellschaft anregen wird.

Die wichtigen Bestimmungen des *Keppres* No 37 von 1992 sind:

- Kapitel 1: Das Gesetz ist gültig für Privatunternehmen und Kooperationen.
- Kapitel 2: Energieversorgungssysteme von privatwirtschaftlichen Unternehmen werden nach der Methode BOO (Build, Operate und Own) betrieben.
- Kapitel 3: Das Ministerium für Bergbau und Energie erteilt über die IUKU (ijin Usaha Kelistrikan Untuk Kepentingan Umum) Genehmigungen für die Stromerzeugung.
- Kapitel 4: Die Kosten für Stromerzeugung und -übertragung werden in Rupiah bezahlt.
- Kapitel 6: Die Vergünstigungen für die Energieversorgung von Privatunternehmen bestehen in
 - a. Befreiung von Einfuhrzöllen
 - b. Befreiung von Steuern wie im Steuergesetz 1984, Kapitel 22 beschrieben

- c. Gewährung von Aufschub für die Entrichtung von PPN (Pajak Pertambahan Nilai - Mehrwertsteuer) und PPnBM (Pajak Penjualan Atas Barang Mewah – Luxussteuer).

Die wichtigen Punkte aus dem Präsidentenerlaß werden vom Ministerium für Bergbau und Energie in einem Gesetz (No 02 P./03/M.PE/1993) aufgegriffen:

Kapitel 11 : Die Kosten der Elektrizitätsenergie einschließlich Vermittlung, System und Übertragung werden im Rupiah (Rp) oder zum Teil in ausländischen Währungen bezahlt.

Anfang 1997 hat die Regierung Indonesiens durch die Generaldirektion für Elektrizitäts- und Energieentwicklung (DJLPE) ein neues Gesetz für die Entwicklung der Energieversorgung unter Nutzung regenerativer Energien und von Primärenergie für Kooperationen/Dorfkooperationen und private Haushalte unter 30 MW auf der Insel Java – Bali und unter 15 MW außerhalb Javas beschlossen (Elektronika Indonesia, Edisi 6,1997,S.6). Aber auch hier hat PLN noch das Netzmonopol.

3.3 Energieversorgung und Energieverbrauch im Langfristigen Entwicklungsplan Stufe I (PJPT I - 1969 bis 1994)

3.3.1 Primärenergieträger im Langfristigen Entwicklungsplan Stufe I /PJPT I

Die Energieversorgung, d.h. besonders die Versorgung mit Elektrizität spielt eine wichtige Rolle in der nationalen Ökonomie. Ein Ziel ist es, den Lebensstandard und die Wirtschaftslage zu verbessern und dabei die Aspekte Sicherheit, Energiebalance und Umweltschutz zu berücksichtigen.

Das Fortschreiten der Industrialisierung in Indonesien und das Bevölkerungswachstum haben die gleiche Tendenz. Aus diesem Grunde wird der Energieverbrauch, welcher in Indonesien im Vergleich mit dem durchschnittlichen Energieverbrauch in der Welt bereits hoch ist, weiter steigen. Am Anfang des 1. Fünfjahresaufbaus/1.PELITA (Pembangunan Lima Tahun / 1969 bis 1974) betrug der Energieverbrauch ungefähr 81,21 TWh (Terawattstunden) oder 50,1 Millionen Ölbarreläquivalente (M.SBM = 10^6 Barrel) und am Ende des 5. Fünfjahresaufbaus/Pelita V (1989 bis 1994) 696,92 TWh oder 429,9 Millionen Ölbarreläquivalente/M.SBM. Tabelle 3.1 zeigt die Primärenergieträger im Langfristigen Entwicklungsplan Stufe I (PJPT I/Pembangunan Jangka Panjang Tahap I - 1969 bis 1994) in Indonesien.

Es gab Unterschiede in der Zunahme des Primärenergieverbrauchs im langfristigen Entwicklungsplan Stufe I/PJPT I in Indonesien. Von 1960 bis 1970 (vor dem 1. PELITA) betrug die Wachstumsgeschwindigkeit 7,4%.

Tabelle 3.1
Verbrauch an Primärenergie im Langfristigen Entwicklungsplan Stufe I (PJPT I)

Programmabschnitt	Erdöl				Erdgas				Steinkohle			
	M.SBM	PJ	TWh	Prozent	M.SBM	PJ	TWh	Prozent	M.SBM	PJ	TWh	Prozent
Anfang Pelita I (1969)	43,9	256,3	71,2	87,6	3,1	18,1	5,0	6,2	0,7	4,1	1,1	1,3
Ende Pelita I (1974)	70,6	412,1	114,5	90,9	3,2	18,7	5,2	4,1	0,6	3,5	1,0	0,7
Ende Pelita II (1979)	129,9	758,3	210,6	83,6	20,7	120,8	33,6	13,3	0,7	4,1	1,1	0,4
Ende Pelita III (1984)	170,3	994,2	276,1	75,3	42,7	249,3	69,2	18,9	1,1	6,4	1,8	0,4
Ende Pelita IV (1989)	190,1	1109,7	308,2	62,9	69,9	408,1	113,3	23,1	19,9	116,2	32,3	6,6
Ende Pelita V (1994)	280,4	1636,9	454,6	62,2	85,4	498,5	138,4	19,9	32,5	189,7	52,7	7,5
Programmabschnitt	Wasserkraft				Erdwärme				Gesamt			
	M.SBM	PJ	TWh	Prozent	M.SBM	PJ	TWh	Prozent	M.SBM	PJ	TWh	Prozent
Anfang Pelita I (1969)	2,4	14,0	3,9	4,7	0,0	0,0	0,0	0,0	50,1	292,5	81,2	100
Ende Pelita I (1974)	4,2	24,5	6,8	5,4	0,0	0,0	0,0	0,0	77,6	453,0	125,8	100
Ende Pelita II (1979)	3,8	22,2	6,2	2,4	0,0	0,0	0,0	0,0	155,2	906,0	251,6	100
Ende Pelita III (1984)	11,6	67,7	18,8	5,1	0,4	2,3	0,6	0,1	226,1	1319,9	366,5	100
Ende Pelita IV (1989)	20,2	117,9	32,7	6,7	2,0	11,7	3,2	0,6	302,1	1763,6	489,7	100
Ende Pelita V (1994)	28,0	163,5	45,4	6,5	3,6	21,0	5,8	0,8	429,9	2509,6	696,9	100

Quelle: 1. Arismunandar, KNIWEC, 1994, S. 211

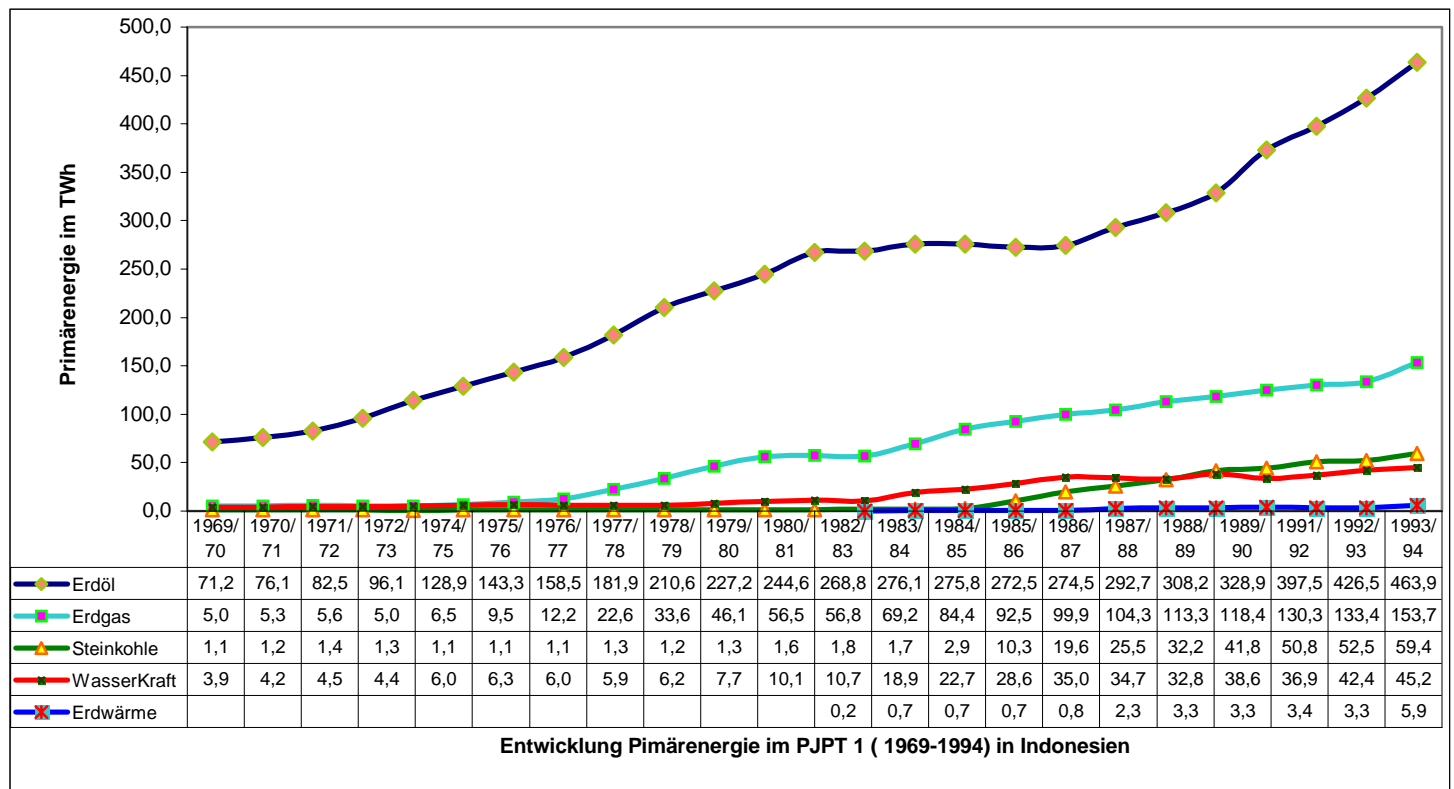
2. Analyse Autor

3. BPPT-KFA, Environmental Impacts of Energy Strategy for Indonesia, S. 150, May 1993

Erklärung: 1 PJ \cong 0,1713 M.SBM und 1 TWh \cong 3,6 PJ (1 Ws \cong 1 J, 1 kW s \cong 1 kJ,
1 kWh \cong 3600 kJ, 1 h = 3600 s, 1 MWh \cong 3600 MJ, 1 TWh \cong 3600 TJ \cong 3,6 PJ)
M.SBM: Million Ölbarreläquivalent
1 TWh = 10^{12} Ws; 1 PJ = 10^{15} Joule ; 1 M.SBM = 10^6 Barrel

Im 1. Fünfjahresaufbau/1. PELITA und im 2. Fünfjahresaufbau/2. PELITA wurden 11,59% bzw. 15,27% ermittelt. Während des 3. Fünfjahresaufbaus und des 4. Fünfjahresaufbaus verringerte sich das Wachstum auf 6,75% bzw. 6,10%. Im 5. Fünfjahresaufbau stieg die Wachstumsrate auf 9,36%, und im gesamten Langfristigen Entwicklungsplan Stufe I/PJPT I stieg der Verbrauch von Primärenergieträgern durchschnittlich um 9,57% pro Jahr (vgl. Arismunandar, 1994, S. 203). Bild 3.1 zeigt die gesamten Primärenergieträger im langfristigen Entwicklungsplan Stufe I/PJPT I in Indonesien (mit geringen Abweichungen gegenüber Tabelle 3.1)

Bild 3.1
Der Verbrauch an Primärenergie in Indonesien



Quelle: Autor (vgl. Arismunandar, KNIWEC, 1994, S. 211)

3.3.2 Endenergie (*final energy*) während der PJPT I

Im 1.PELITA/1.Fünfjahresaufbau betrug die gesamte nutzbare Endenergie 62,3 TWh oder 38,4 M.SBM, am Ende des 5. PELITA 477,4 TWh oder 294,5 M.SBM. In der Zwischenzeit wandelte sich die Wirtschaftsstruktur Indonesiens von einer Agrar- zu einer Industriegesellschaft. Während am Anfang des PJPT die Industrie zum Bruttosozialprodukt 9,2% beitrug, waren es 1992 bereits 21%. Der Beitrag aus der Landwirtschaft belief sich auf 19,2% (Arismunandar, KNIWEC, 1994. S.211). Die neuen Wirtschaftsstrukturen hatten große Veränderungen in den Energieverbrauchssektoren zur Folge: Zu Beginn war der Haushaltssektor mit einem Anteil von 29,3 TWh oder 18,1 M.SBM (47,11%) am größten. Es folgte der Verkehrssektor mit 19,6 TWh oder 12,1 M.SBM (31,5%) und der Industriesektor mit 13,3 TWh oder 8,2 M.SBM (21%).

Nach 25 Jahren am Ende von Pelita V (1994) lag der Haushaltssektor bei 118 TWh (24,8 %), der Industriesektor bei 184,5 TWh (= 38,6 %) und der Verkehr bei 174,3 TWh (= 36,5%). Somit ergab sich im Verlauf der PJPT I eine Steigerung beim Industriesektor um 184,5 TWh oder 113,8 M.SBM (24,95%). Demnach stieg der Ver-

brauch im Industriesektor um den Faktor 14, also sehr stark an. Im Verkehrssektor stieg er um das 9fache, bei den privaten Haushalten um das 4fache. Tabelle 3.2 enthält eine Zusammenfassung der gesamten Endenergie (final energy) während der PJPT I.

Tabelle 3.2
Zusammenfassung des gesamten Endenergieverbrauchs während der PJPT I

Programm	Haushaltssektor				Industriesektor			
	M.SBM	PJ	TWh	Prozent	M.SBM	PJ	TWh	Prozent
Anfang Pelita I (1969)	18,1	105,7	29,3	47,1	8,2	47,9	13,3	2,1
Ende Pelita I (1974)	25	145,9	40,5	41,4	13,9	81,1	22,5	23,1
Ende Pelita II (1979)	45,3	264,4	73,4	38,2	36,7	214,2	59,5	30,9
Ende Pelita III (1984)	52,3	305,3	84,8	32,3	58,2	339,8	94,4	35,9
Ende Pelita IV (1989)	53,3	311,2	86,4	27,4	71,4	416,8	115,7	36,7
Ende Pelita V (1994)	73,2	427,3	118,7	24,8	113,8	664,3	184,5	38,6
	Verkehrssektor				Gesamt			
	M.SBM	PJ	TWh	Prozent	M.SBM	PJ	TWh	Prozent
Anfang Pelita I (1969)	12,1	70,6	19,6	31,5	38,4	224,2	62,3	100
Ende Pelita I (1974)	21,4	124,9	34,7	35,4	60,3	352,0	97,8	100
Ende Pelita II (1979)	36,4	212,5	59,0	30,7	118,4	691,2	191,9	100
Ende Pelita III (1984)	51,5	300,6	83,5	31,8	161,9	945,1	262,5	100
Ende Pelita IV (1989)	69,5	405,7	112,7	35,7	194,2	1133,7	314,8	100
Ende Pelita V (1994)	107,5	627,6	174,3	36,5	294,5	1719,2	477,4	100

Quelle: 1 Arismunandar, KNIWEC, 1994, S. 212

2 Analyse Autor

3 BPPT-KFA, Environmental Impacts of Energy Strategy for Indonesia, S. 150, May 1993

Erklärung: 1 PJ \cong 0,1713 M.SBM und 1 TWh \cong 3,6 PJ

M.SBM: Million Ölbarreläquivalent

1 TWh = 10^{12} Wattstunden ; 1 PJ = 10^{15} Joule; 1 M.SBM = 10^6 Barrel

3.4 Elektrizitätsversorgung in der Zukunft

Die Entwicklung der Energieversorgung in Indonesien wurde von der Allgemeinen Planung der Nationalen Elektrizitätsversorgung (RUKN = Rencana Umum Ketenagalistrikan National) im Jahre 1993 bei PLN für den Zeitraum von 1993/1994 bis 2003/2004 umrissen. Um das Ziel einer ausreichenden Energieversorgung in der Zukunft zu erreichen, wird geplant, in 10 Jahren (1994 bis 2004) die Energieversorgungskapazitäten auf 24096 MW auszubauen (Rencana Pembangunan Lima Tahun/6. Fünfjahresplan/REPELITA VI und VII). Tabelle 3.3 zeigt den Entwicklungsplan der Elektrizitätsversorgung von RUKN in Indonesien. RUKN beinhaltet auch eine Planung, die Netzleistung für die Stromübertragung und -transformation im Zeitraum REPELITA VI und VII (1994 bis 2004) auszubauen.

Tabelle 3.3
Entwicklungsplan zur Elektrizitätsversorgung von RUKN in Indonesien

No	Demand Projekt und Investition	Einheit	Repelita VI (1994-1999)							Repelita VII(1999-2004)				
			94/95	95/96	96/97	97/98	98/99	Gesamte (94-99)	99/00	00/01	01./02	02./03	03/04	Gesamte (99-04)
1	Incremental Demand	MW	1775	2344	1498	1661	1757	9035	1803	1900	1913	2052	2168	9836
2	Projekt Generation:	MW												
	PLN	MW	1649	2022	2782	2434	746	9633	1166	1409	1963	600	1850	6988
	Private	MW	0	0	0	1000	1895	2895	735	1335	1310	1200	0	4580
	Total	MW	1649	2022	2782	3434	2641	12528	1901	2744	3273	1800	1850	11568
	Substation	MVA												
	500/150 kV		200	500	4501	1500	1000	9501	500	1000	3500	2000	0	7000
	275/150 kV		0	0	0	0	0	0	0	1250	500	1750	250	3750
	150/70 kV		410	320	120	30	0	880	0	0	0	0	0	0
	150/20 kV		5720	6570	2340	2590	2470	19690	1430	2650	3920	3700	3930	15630
	70/20 kV		410	150	86	30	0	676	40	0	20	50	0	110
	Total		8540	7540	7047	4150	3470	30747	1970	4900	7940	7500	4180	26490
	Hochspannung	km												
	150 kV	km	100	829	223	124	390	1666	10	168	1000	900	0	2078
	275 kV	km	0	0	140	0	0	140	0	336	348	1502	800	2986
	150 kV, OHL	km	1744	1456	1626	1645	2102	8573	1753	1487	2064	2502	2402	10208
	150 kV, UGC	km	41	132	12	12	48	245	0	78	0	0	40	118
	70 kV	km	12	0	10	12	0	34	0	0	0	0	0	0
	Total	km	1897	2417	2011	1793	2540	10658	1763	2069	3412	4904	3242	15390
	Niedrige Spannung													
	Mittlere Spannung	km	26338	32980	22298	25220	26483	133319	26358	27706	28123	30105	32003	144295
	Niedrige Spannung	km	40687	49125	32340	36336	38253	196741	38772	41166	41917	45147	48288	215290
	Substation	MVA	4598	5515	3543	3980	4181	21817	4234	4475	4552	4891	5234	23386
	Cons.Connection	Mill. Kons.	2223	2215	2169	2107	2055	10769	1921	1858	1767	1667	1587	8800
3	Investitionen (Const.disb.1993)	Mio.US \$												
	Elektrizitätsversorgung*		2695	2336	2311	2112	1631	11085	1826	2131	2744	3431	3793	13925
	Subst. und Netzspanng		999	637	445	445	356	2882	610	929	951	734	732	3956
	Niedrige Spannung		1511	1543	1228	1327	1365	6974	1382	1431	1469	1557	1658	7497
	Total		5205	4516	3985	3883	3352	20941	3817	4492	5164	5721	6183	25377

* Investitionen von Privatunternehmen sind noch nicht eingerechnet

Quelle: Ariono Abdulkadir, KNIWEC, 1993, S. 291

Energieversorgungssysteme für elektrische Energie werden in dem zentralen Versorgungssystem mit den Netzleitungen, wie in REPELITA VI und VII gefordert, installiert. Die vorgesehenen Netzleitungen umfassen eine Länge von 10.658 km und 15.390 km, zu ihr gehören neue elektrische Transformatoren mit der Leistung von 30.747 MVA bzw. 26.490 MVA, neue Mittelspannungsleitungen mit einer Länge von 133.319 km und 144.295 km sowie Niederspannungsleitungen mit einer Länge von 196.741 km und 215.290 km. Basierend auf dem Programm RUKN plant die PLN,

zwischen 1993/1994 und 2003/2004 Investitionen in Höhe von ungefähr 46.318 Mio US \$ (nach Kosten von 1993) vorzunehmen. Tabelle 3.4 zeigt Programme für die Elektrizitätsversorgung gemäß RUKN in der Zeit von 1999 bis 2004.

Tabelle 3.4
Programme nach RUKN für die Elektrizitätsversorgung
im Zeitraum von 1999 bis 2004

No	Elektrizitätsversorgung	Leistung im MW
1	Wasserkraftanlagen (PLTA)	4.498
2	Dampfturbinenkraftwerke (PLTU)	4.320
3	Gasturbinenkraftwerke (PLTGU)	3.344
4	Erdwärmekraftwerke (PLTP)	530
5	Erdgaskraftwerke (PLTG)	3.249
6	Diesekraftwerken (PLTD)	466,5
7	Micro-Wasserkraftanlagen (PLTM)	138,4
	Gesamt	16.545.9

Quelle: RUKN-PLN

3.5 Die Energiepotentiale in Indonesien

Die Energiepotentiale Indonesiens bestehen aus Öl, Steinkohle, Erdgas, Erdwärme, Wasserkraft, Windenergie, Solarenergie, Biomasse usw. Dabei sind ungenutzte Reserven in großen Mengen vorhanden, mit Ausnahme von Öl.

Tabelle 3.5
Energiepotentiale

Energiequelle	Potentiale		Produktionswachstum/Jahr	Ende der Reserve
	Einheit	Einheit		
Fossile Energie				
1. Erdgas	91000000 MMSCF	≈26073TWh	6%	2026
2. Erdöl	10900 M. Barrel	≈17810 TWh	0%	2006
3. Steinkohle	36000 M t	≈222222 TWh	12%	2166
4. Torf	8000 M t	≈17094 TWh		
regenerative Energie				
1. Solarenergie	(4,21 - 5,46) kWh/m ²	(4,21 - 5,46) kWh/m ²		
2. Windenergie	3 m/sec bis 5 m/sec.	3 m/sec bis 5 m/sec.		
3. Wasserkraft	75 x 10 ³ MW	75 x 10 ³ MW		
4. Erdwärme	19 x 10 ³ MW	19 x 10 ³ MW		
5. OTEC	24 x 10 ²⁴ Watt	24 x 10 ²⁴ Watt		

Erklärung: 969,5 MMSCF Erdgas ≈ 1 PJ ;
0,045 10⁶ t Steinkohle ≈ 1 PJ ; 0,13 10⁶ t Torf ≈ 1 PJ.
1 PJ ≈ 0,17 M.SBM Erdöl und 1 TWh ≈ 3,6 PJ ;
M.SBM: Million Ölbarreläquivalent
1 TWh = 10¹² Wattstunde ; 1 PJ = 10¹⁵ Joule ; 1 MSBM = 10⁶ Barrel

Quelle: Prof. Harijono, Djodjodihardjo, KNIWEC, 1994, S. 89

Studien von MARKAL-BPPT-KFA zeigen, daß die Vorräte an Öl in Indonesien in 20-25 Jahren zur Neige gehen werden und Erdöl aus anderen Ländern importiert werden muß. Zur Zeit findet die Energieversorgung in Indonesien auf der Basis von

Öl statt. Basierend auf Daten von verschiedenen Quellen, die besagen, daß fossile Energien im Jahre 2166 erschöpft sein werden, zeigt Tabelle 3.5 die Energiepotentiale in Indonesien.

3.5.1 Die Energiepotentiale von Wasserkraftanlagen

Die meisten Energiepotentiale an Wasserkraftanlagen liegen außerhalb Javas. Diese betragen ca. 70 776 MW oder 94% der Gesamtkapazität aller Wasserkraftanlagen Indonesiens.

Tabelle 3.6
Leistungspotentiale von Wasserkraftanlagen in Indonesien

No	Standort	Leistung (MW)	Prozent (%)
1	Sumatra	15587	20
2	Java	4200	6
3	Kalimantan	21589	29
4	Sulawesi	10183	14
5	Irian Jaya	22371	30
6	andere Inseln	1054	1
7	Gesamt	74976	100

Quelle: 1. Bondantoyo, KNIWEC, 1993, S. 220
2. Didik Notosudjono, KNIWEC, 1993, S. 698

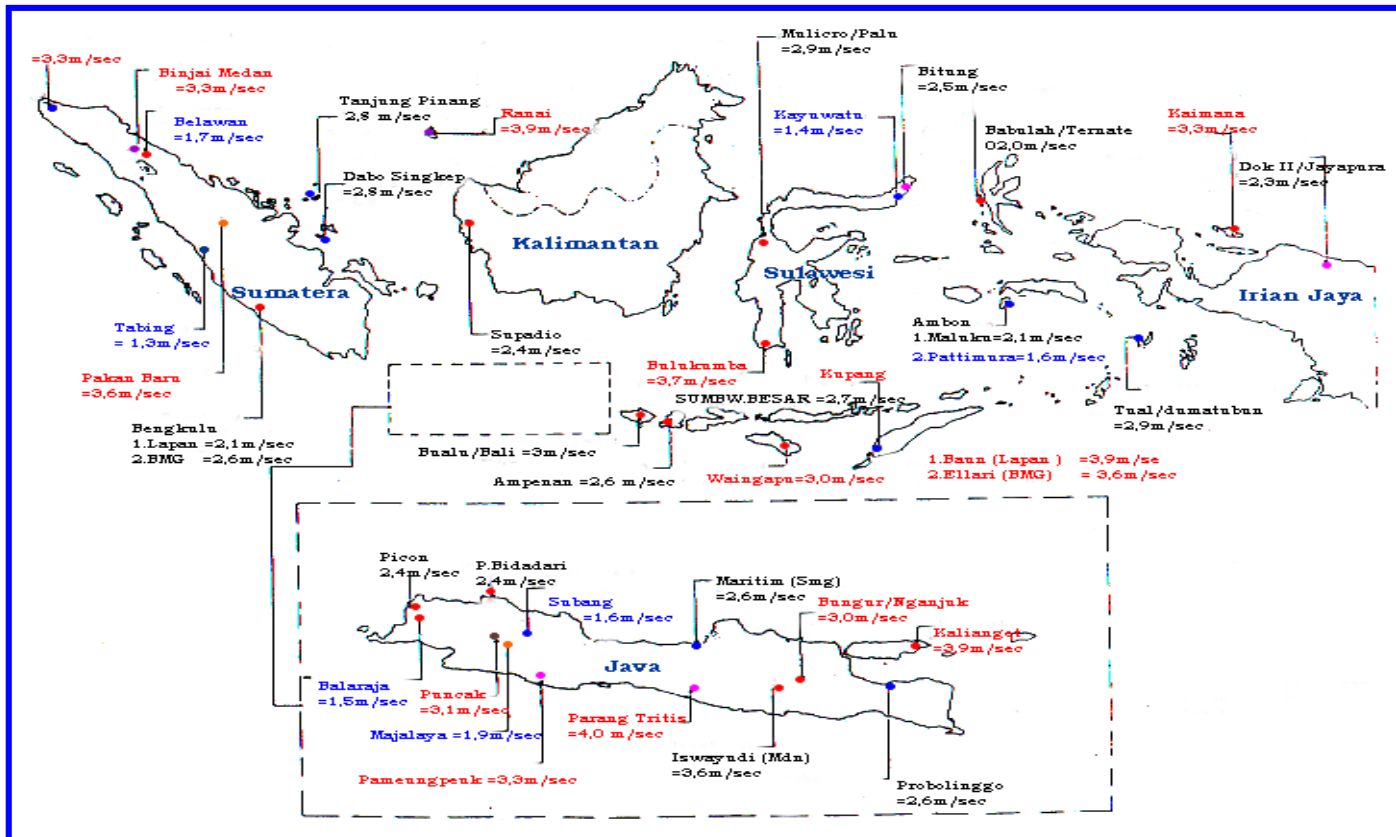
3.5.2 Die Energiepotentiale von Windenergie

Die Erforschung von Windkraftanlagen wurde von Institutionen der Regierung Indonesiens vorangetrieben, bestehend aus LAPAN, Ministerium für Kooperation und BPP Teknologi, aber Messungen wurden bei BMG - Badan Meteorologi dan Geofisika, LAPAN (Lembaga Antariksa dan Penerbangan Nasional) und BPP Teknologi durchgeführt. Im allgemeinen wird die Windgeschwindigkeit in Indonesien im Vergleich zu anderen subtropischen Gebieten als niedrig eingestuft.

Meßergebnisse aus der Messung der Windgeschwindigkeit durch BMG

Die Messung der Windgeschwindigkeit von BMG wurde an 70 Standorten in ganz Indonesien in einer Meßhöhe von etwa 10 m durchgeführt. Diese Messungen der Windgeschwindigkeit wurden als Wetterdaten für Flughäfen benutzt.

Bild. 3.2
Jahres-Windgeschwindigkeitsklassen in Indonesien



- Quelle: 1. BMG-Messung in Höhe von 10 m (vgl. Tabelle 2.19)
 2. Autor

Die Daten von BMG stellen zur Zeit keine ausreichende Informationsgrundlage zur Bestimmung der Energiepotentiale von Windenergie dar, denn (vgl. Harijono Djojodihardjo, 1979, S. 19):

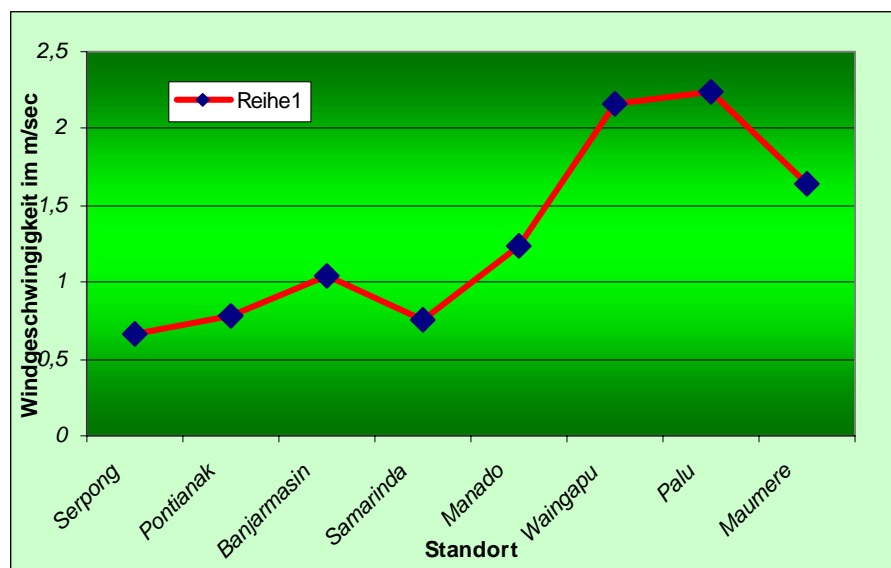
- Die Höhe, in der die Anemometer angebracht wurden, betrug nicht mehr als 10m.
- Die Aufzeichnung der Daten der Windgeschwindigkeit geschah nicht regelmäßig. Die Abstände betragen teilweise mehr als eine Stunde.
- Die Standorte der Anemometer wurden nicht richtig gewählt.
- Starke Windgeschwindigkeiten konnten nicht gemessen werden.
- Die Messungen wurden nicht an potentiellen Windenergiestandorten in Indonesien durchgeführt. Ferner wurden Winddaten nicht nach Jahreszeiten ausgewertet (Angin Gending, Angin Bahorok).

Nach Messungen an 70 verschiedenen Standorten (siehe Bild 3.2) ergibt sich im Jahresmittel eine Windgeschwindigkeit zwischen 0,96 m/sec und 4,44 m/sec.

Meßergebnisse aus der Messung der Windgeschwindigkeit von BPP.Teknologi

BPP.Teknologi führte an 10 Standorten eine Messung der Windgeschwindigkeit auf einigen Inseln Indonesiens durch. Diese Messungen wurden im Zusammenhang mit der Erforschung von Solarstrahlung durchgeführt. Die Meßergebnisse sind deshalb für die Windgeschwindigkeit ungenügend ausgefallen. Alle Forschungsprojekte zur Erfassung von Windgeschwindigkeitsdaten wurden im Zeitraum von 1991 bis 1995 durchgeführt. Die Meßdaten ergaben folgende Verteilungen (Maximum und Minimum von Windgeschwindigkeiten): Serpong (2,6 m/s; 0,1 m/s), Pontianak (1,5 m/s; 0,4 m/s), Banjarmasin (1,9 m/s; 0,2 m/s), Samarinda (1,9 m/s ; 0,1 m/s), Manado (2,8 m/s; 0,2 m/s) Palu (3,5; 0,8 m/s), Maumere (3,9 m/s; 0,7 m/s) und Waingapu (3 m/s; 1 m/s). Die Messergebnisse werden in Bild 3.3 dargestellt. (Vgl. Evaluation Report on PV Weather Station Systems Under REI-Project, 1994, S. 4).

Bild 3.3
Die verschiedenen Windgeschwindigkeitsklassen von 8 Standorten



Quelle: Autor

Die Messungen der Windgeschwindigkeit von BPP.Teknologi zeigten keine guten Ergebnisse. Siehe Oben. Geographische Position, topographische Gegebenheiten usw. wurden nicht berücksichtigt. Die Dauer der Messungen betrug 60 Minuten mit Abständen von 6 Monaten: Das sind zu große Zeitabstände zwischen den einzelnen Messungen und zu kurz gewählte Meßzeiträume.

Die Meßergebnisse von LAPAN

LAPAN ist eine Regierungsinstitution zur Erforschung von Windenergie, das heißt, die Meßergebnisse sollten für Windkraftanlagen genutzt werden. Viele Pilotprojekte von Windkraftanlagen wurden durch die LAPAN installiert.

Tabelle 3.7
Windgeschwindigkeitsklassen von 28 Standorten

No	Standort	Jahr der Intallation	Periode der Messung	Geschwindigkeit m/sec		Periode der Messung	Geschwindigkeit m/sec		
				10 m	24 m		10 m	24 m	15 m
1	Bulak Baru - Jepara	1993	Jan – Dez` 94	3,9	4,6	Jan - Aug` 95	3,8	4,3	
2	Nangalabang - Manggarai NTT	1993	Jan – Dez` 94	2,6	3,6	Jan - Juli` 95	2,2	3,2	
3	Bungaiya Selayar SulSel	1993	Jan – Dez` 94	3,7	4,9	Jan - Sep` 95	4,1	5,2	
4	Nangalili - Manggarai NTT	1993	Jan – Dez` 94	3,7	4,5	Jan - Aug` 95	3,6	3,9	
5	Komodo - Manggarai NTT	1993	Jan – Dez` 94	2,7	2,8	Jan - Juli` 95	2,3	2,7	
6	Pasir Putih - Manggarai NTT	1994	Jan – Dez` 94	1,7	3,5	Jan - Juli` 95	2,7	3,1	
7	Doropeti - Dompu NTB	1994	Jan - Dez` 94	3,1	3,6	Jan - Jun`95	2,9	3,5	
8	Bajo Pulau - Sape NTB	1994	Jan – Dez 94	3,1	3,5	Jan - Jun`95	3,0	3,1	
9	Sambelia - Lotim NTB	1994	Feb – Dez 94	3,2	4,0	Jan - Jun`95	2,5	3,7	
10	Tembere - Lotim NTB	1994	Feb – Dez` 94	3,8	4,0	Jan - Jun`95	3,1	3,5	
11	Maubesi - Rote NTT	1994	Feb – Dez` 94	3,2	4,3	Jan - Aug` 95	3,5	4,0	
12	Nangara Laut Kendari Sultra	1994	Nov - Dez` 94	1,1	1,8	Jan - Sep` 95	1,4	2,2	2
13	Tinobu - Kendari Sultra	1994	Dez 1994	1,8	2,1	Jan - Sep` 95	1,6	2,1	2
14	Paudean - Bitung Sulut	1994	Dez 1994	2,4	2,5	Jan - Sep` 95	2,2	2,9	2,6
15	Libas - Minahasa Sulut	1994	Dez 1994	2,6	2,9	Jan -Mär` 95	3,1	3,1	3
16	Palakahembi Sumba Timur	1994	Dez 1994	3,0	3,5	Jan - Sep` 95	3,7	4,8	3,5
17	Watumbelar - Sumba Timur	1994	Dez 1994	2,1	2,4	Jan - Mei` 95	2,1	2,5	2,6
18	Unpati Ambon Maluku	1995				Jan - Sep` 95	1,5	1,8	1,6
19	Namaelo Maluku	1995				Jan - Aug` 95	1,7	1,9	1,7
20	Selayar Lotim NTB	1995				Jan - sep` 95		2,7	1,6
21	Giligede - Lobar NTB	1995				Jan - sep` 95	3,9	4,2	3,4
22	Nangadoro, Dompu NTB					Jun - Aug` 95	3,7	4,7	
23	Pai - Bima NTB	1995				Jun - Aug` 95	3,8	4,4	
24	Sajang - Lombok Timur NTB	1995				Jun - Aug` 95	3,7	4,8	
25	Kute Lombok Tengah NTB	1995				Juli - Sep` 95	3,7	4,7	
26	Sibuwoli Ngada NTT	1995				Jun - Aug` 95	2,7	3,7	
27	Ujung Manggarai NTT	1995				Jun - Sep` 95	2,9	3,1	
28	Papagarang Komodo NTT	1995				Jun - Aug` 95			

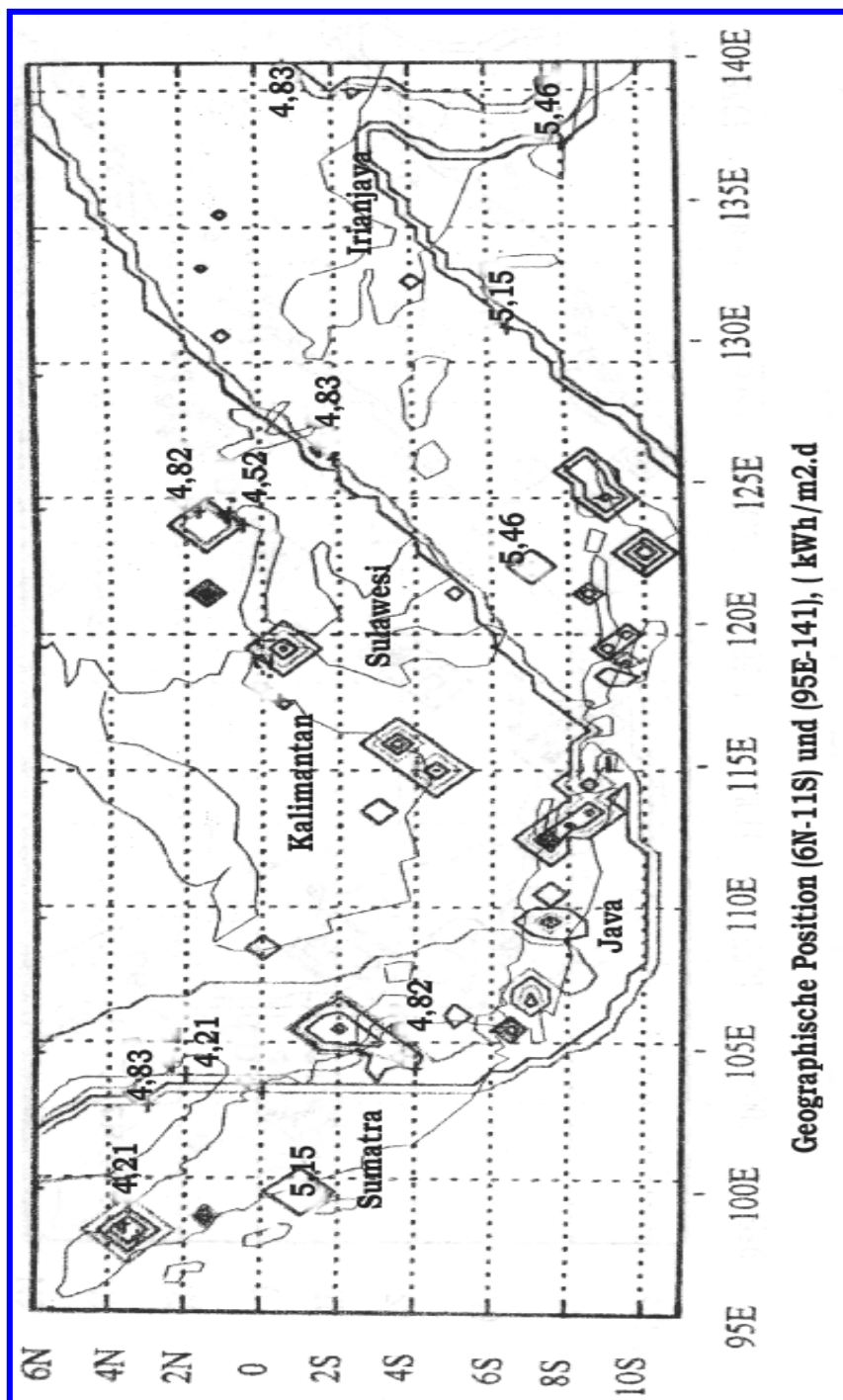
Quelle: Sulisty Atmadi 1995, S.11

Es bestehen auch 28 permanente Meßstandorte zur Messung der Windgeschwindigkeit durch die LAPAN. Die Ergebnisse der Messungen werden in der Tabelle 3.7 gezeigt. In einigen Gebieten von NTB (Nusa Tenggara Barat) bestehen Möglichkeiten zum Einsatz von Windkraftanlagen, weil die Windgeschwindigkeit dort meistens mehr als 4 m/s beträgt.

3.5.3 Die Energiepotentiale von Solarenergie

„Regenerative Energie Indonesian Project“ (REI-Projekt) ist ein Projekt für die Messung von Energiepotentialen aus Solar- und Windenergie an 10 Standorten in Indonesien. Ziel des Projekt ist die Aufstellung einer Datenbank in Form eines REI-Atlas für Indonesien.

Bild 3.4
Globalstrahlung an einigen Standorten 1994



Quelle: Adji Iman Seno, 1995 Annex 1

Die Meßstandorte befanden sich in den Städten Surabaya, Serpong, Medan, Pontianak, Banjarmasin, Samarinda, Manado, Palu, Maumere und Waingapu. Die meisten Messungen der Globalstrahlung und Windgeschwindigkeit wurden in einer Zusammenarbeit zwischen BPP.Teknologi und den Universitäten in Indonesien durchgeführt. Die Messung der Solarstrahlung wurde von 1990 bis 1994 vorgenommen. Für die mittlere jährliche Globalstrahlung ergaben sich Werte von 4,21 kWh/m² bis 5,46 kWh/m². Der Durchschnitt betrug 4,83 kWh/m². Standorte mit niedrigerer Globalstrahlung sind die Insel Bangka und ein Teil von Südost-Sumatra. In den Gebieten Ost-Java, auf der Insel Bali, in Nusa Tenggara, Maluku und Irian Jaya wurden Werte zwischen 4,83 kWh/m² bis 5,46 kWh/m² gemessen. Die höchste Solarstrahlung wurde auf der Insel Flores, der Insel Timor, Südost Maluku und mittlerem sowie südlichem Irian Jaya festgestellt. Die Ergebnisse der Messung der Solarstrahlung werden in Bild 3.4 dargestellt. An diesen Meßstandorten gibt es keine Möglichkeiten, Windkraftanlagen zu einzusetzen.

3.5.4 Die Energiepotentiale von Biomasse

Biomasse wird schon seit langem als Energiequelle genutzt. Die Nutzung von Energie aus Biomasse ist bis heute noch sehr wichtig. Besonders Holzkohle, Holz und Abfälle aus der Land- und Forstwirtschaft werden hauptsächlich von der Dorfbevölkerung in Energie umgewandelt, die dann zum Kochen und für Kleinindustrie genutzt wird. Das Energiepotential aus Biomasse wird auf ungefähr 285.272.000 t/a (Abfälle von Landwirtschaft, Ackerbau, Wäldern, Tieren und 10.180.000 m³ städtischer Abfall) geschätzt.

Tabelle 3.8
Die Energiepotentiale der Biomasse pro Jahr

No	Art	Potentiale in t/a	Energieäquivalent (mtoe)
1	Abfall Landwirtschaft	57.517.100 t	16
2	Abfall Plantage	81.679.000 t	31
3	Abfall Forst	20.055.000 t	5
5	Abfall Tiere	126.021.000 t	53
	Total	285.272.000 t	105
	Abfall Städte	10.180.000 m ³	1
	Insgesamt		106

Quelle: Hutapea, Maritje, 1995, S. 7

Das Transmigrationsgebiet-Programm des *Departement Transmigrasi* im 1. PJPT wurde mit 1,8 Million Familien/Häusern in Indonesien umgesetzt, und das Transmigrationsgebiet-Programm im 2. PJPT (1994-2019) des *Departement Transmigrasi*

wurde für etwa 3.000.000 Familien/Häuser berechnet. Das Programm fordert ein Waldgebiet von ungefähr 6 Million ha, das sind etwa 0,4% des gesamten indonesischen Waldes bei einer Waldreserve von ca. 30,5 Mio. ha, für die Transmigrationsgebiete (Udju Djuanda, 1996, S. 1).

Das Departement Transmigration plant, eine Transmigration von ungefähr 350 000 Haushalten oder 1200 Transmigrationseinheiten/UPT (Unit Pemukiman Transmigrasi) im 6. Repelita (1994/1995 bis 1998/1999) zu realisieren.

Das reicht für 350.000 Familien oder 1200 UPT (Unit Pemukiman Transmigrasi/Transmigrationsgebieten), wenn 1 ha Wald einem Waldabfall von ca. 412 m³ pro Jahr entspricht. Deswegen wird sich im 6. REPELITA ein Energiepotential aus Biomasse in den Transmigrationsgebieten von ca. 207 Million m³ an Waldabfällen ergeben (vgl. Dedi M. Mansykur Riyadi, 1995, S. 4 und Statistik Indonesia, 1992, S. 166). Tabelle 3.9 enthält eine Berechnung von Energiepotentialen pro ha an Biomasse für verschiedene Waldklassifizierungen.

Tabelle 3.9
Berechnung der Energiepotentiale von Biomasse
pro ha für verschiedene Waldklassifizierungen

NO	Art Felder / Wald	Produktion im m ³ /Hektar				
		KK	KNK	LK	Rtg	BK
1	Riedgras	x	x	x	x M3
2	Unterholz	x	x	44	28	18
3	Wald dritter Klasse	32	60	51	35	25
4	Wald zweiter Klasse	66	222	155	103	67
5	Primärer Wald	185	328	414	180	114

Quelle: Udju Djuanda, Departement Transmigrasi, Annex 5, 1996

Erklärung:

1. KK : Komerzielle Abholzung (Kayu Komersiel)
2. KNK : Nicht-kommerzielle Abholzung (Kayu non Komersiel)
3. Rtg : Kleinholz (Unterabteilung /Ranting)
4. LK : Holzabfälle (Limbah Kayu)
6. BK : Kompostmaterial (Bahan Kompos)
7. X : Nicht vorhanden

3.6 Die Energiesituation in ländlichen Regionen Indonesiens

Der Privathaushalt spielt eine große Rolle beim Energieverbrauch Indonesiens. Es gibt zwei typische Arten vom Energieverbrauch im Privatsektor. Die erste findet sich im Privathaushalt in den Dörfern. Hier wird meistens nichtkommerzielle Energieversorgung genutzt, z.B. Energie aus Biomasse (Brennholz, Holzkohle und Abfall aus der Landwirtschaft). In den Städten hingegen wird kommerziell bereitgestellte Energie, z.B. Elektrizität, verwendet. Ein weiterer Unterschied im Energieverbrauch besteht bei

der Nutzung von Erdöl: Dieses wird in den dörflichen Privathaushalten im allgemeinen für die Beleuchtung und in den Städten zum Kochen benutzt.

3.6.1 Energienutzung in Ländlichen Regionen

Die Nutzung von elektrischer Energie für Beleuchtung, Kommunikation (TV und Radio), produktive und andere Zwecke in den 11 Provinzen Indonesiens (aufgrund einer Stichprobe von 5030 Familien in 503 Dörfern) zeigt Tabelle 3.10.

Tabelle 3.10
Prozentsatz von Haushalte, die Elektrizität nutzen, in 11 Provinzen

Provinz	Prozentsatz der Haushalte nach BPS
Nord Sumatera	65
Süd Sumatera	41
Lampung	23
West Java	71
Mitte Java	64
Ost Java	64
West Kalimantan	40
Sud Kalimantan	55
Nord Sulawesi	67
Süd Sulawesi	48
Nusa Tenggara Timur	21

BPS : Biro Pusat Statistik

Quelle: DJLPE, 1996/1997,S.4-2

Allgemeine Elektrizitätsverbraucher in den Haushalten sind Fernsehen, Radio, Bügel-eisen, Wasserpumpe, Kühlschränke und Lüfter, in den Haushalten der reicheren Bevölkerungsschichten auch Klimaanlage.

Tabelle 3.11
Nutzung elektrischer Energie in Haushalten mit Netzanschluß in 11 Provinzen

No	Provinz	Zahl der Haushalte	Elektrische Nutzung							
			Beleuchtung	%	Freizeit	%	Produktiv	%	andere	%
1	Nord Sumatera	143	143	100	143	100	0	0	122	85
2	Süd Sumatera	130	130	100	124	95	1	0,8	64	49
3	Lampung	60	60	100	57	95	2	3,3	48	88
4	West Java	1081	1081	100	1041	97	5	0,5	436	40
5	Mitte Java	771	771	100	651	84	4	0,5	615	80
6	Ost Java	901	901	100	861	96	8	0,7	896	100
7	West Kalimantan	46	46	100	9	19	0	0	8	17
8	Sud Kalimantan	48	48	100	9	19	0	0	24	50
9	Nord Sulawesi	76	76	100	72	95	0	0	68	90
10	Süd Sulawesi	143	143	100	142	99	0	0	124	87
11	Nusa Tenggara Timur	25	25	100	21	84	0	0	20	80
	Total	3424	3424	100	3130	91	20	0,6	2425	71

Quelle: DJLPE, 1996/1997, S. 3-2.

Die wichtigste Energie in den Dörfern für Kochen ist Brennholz und Erdöl, während Erdgas, Abfälle aus der Landwirtschaft sowie Holzkohle sehr wenig zum Kochen benutzt werden.

Erdöl wird für das Kochen in 35,2%, Biomasse in 24,1% und LPG oder Erdgas in 4,4% aller Fälle genutzt. 28,6% der gesamten Haushalte nutzen Erdöl und Biomasse und 7,4% nutzen Erdgas oder Erdöl (vgl. DJLPE, 1996/1997, S. 3-15).

Die Energiearten, die in den Dörfern für die Beleuchtung verwendet werden, sind Erdöl und Elektrizität. Eine Untersuchung in 5030 Haushalten zeigt, daß ca. 66% die elektrische Energie für Beleuchtung nutzten, weiterhin wird Kerosin (32%) für die Beleuchtung verwendet. Auch wenn die Bewohner in den Dörfern schon eine Elektrizitätsversorgung haben, wird noch Erdöl für Beleuchtung genutzt: Ca. 2% der Haushalte nutzen Elektrizität und Erdöl für die Beleuchtung (vgl. DJLPE, 1996/1997, S.3-15).

3.6.2 Der Energieverbrauch pro Haushalt und pro Kopf und Jahr

Der Energieverbrauch der Privathaushalte wird von mehreren Faktoren beeinflusst, wie zum Beispiel Einkommen, Kosten der Energie, Lage der Energiequelle und soziokulturellen Faktoren. Der Energieverbrauch von Konsumenten pro Kopf und Jahr in indonesischen Dörfern ist in jeder Provinz unterschiedlich, aber im allgemeinen wird Brennholz zum Kochen benutzt.

Tabelle 3.12
Jährlicher Verbrauch elektrischer Energie pro Haushalt und pro Kopf

Provinz	Haushalte mit Elektrizität	Mitglieder Haushalte (Personen)	Energieverbrauch p.a. (kWh)	Durchschnittlicher Energieverbrauch	
				kWh/a pro Haushalt	kWh/a pro Kopf
Nord Sumatera	143	721	104652	732	94
Süd Sumatera	130	709	181584	1397	106
Lampung	60	311	60344	1006	41
West Java	1081	5783	1469464	1362	179
Mitte Java	771	3809	691657	897	116
Ost Java	901	4136	1066632	1184	166
West Kalimantan	46	227	24672	536	44
Sud Kalimantan	48	240	25092	523	58
Nord Sulawesi	76	380	56796	747	100
Süd Sulawesi	143	718	140760	984	95
Nusa Tenggara Timur	25	125	26723	1069	45
Total	3.424	17.676	3848376	1124	132

Quelle: DJLPE, 1996/1997, S. 4-2

Insgesamt liegt der durchschnittliche Verbrauch von Elektrizität pro Kopf und Jahr bei 132kWh, pro Haushalt und Jahr werden 1.123,9 kWh verbraucht. Am höchsten liegt

der Verbrauch in Süd Sumatra. Dort werden 1.396,8 kWh pro Haushalt und Jahr verbraucht.. Tabelle 3.12 zeigt den durchschnittlichen Verbrauch an Elektrizität pro Haushalt und pro Kopf und Jahr. Tabelle 3.13 zeigt den durchschnittlichen Energieverbrauch pro Kopf und Jahr nach Provinz

Tabelle 3.13
Durchschnittlicher Energieverbrauch pro Kopf und Jahr nach Provinzen

Provinz	Elektrizität (SLM)	LPG (SLM)	Erdöl (SLM)	Brennholz (SLM)	Holzkohle (SLM)	landwirt. Abfall (SLM)	Total (SLM)
Nord Sumatera	4,7	7	79,7	18,9	0,7	0,2	111,2
Süd Sumatera	5,3	6,7	48,3	27	0,2	0	86,7
Lampung	2	1,4	39,3	54,8	0,04	0,1	97,6
West Java	8	10	82,7	19	0,1	0,04	121,4
Mitte Java	5,8	3	52,5	68,6	0,9	2,8	133,7
Ost Java	8,3	3	63,5	46,9	0,1	0,2	122,3
West Kalimantan	2,3	0	35,9	36,9	0	0	75,1
Sud Kalimantan	2,9	0	82	44,4	0,8	1,1	131,2
Nord Sulawesi	5	0,7	63,9	44,7	1	0,1	115,4
Süd Sulawesi	4,8	14,7	42,3	53	0,03	0,3	115,2
Nusa Tenggara Timur	2	1,8	72,7	6,8	1,2	0	84,8
	6,8	5,7	65,4	40,7	0,36	0,7	119,6

Quelle: DJLPE, 1996/1997, S.4-10

Erklärung : 1 kWh Elektrizität \cong 0,05 SLM, 1 kg LPG \cong 0,8 SLM, 1 kg Brennholz \cong 0,2 SLM, 1 kg Holzkohle \cong 0,5 SLM, 1 kg landwirt. Abfall \cong 0,2 SLM, SLM = Liter Öl Äquivalent. (DJLPE, 1997, S. 4-7)

Energiepreis und Energieverbrauch in Dörfern der 11 Provinzen Indonesiens

Die durchschnittlichen Preise für verschiedene Energiearten sind (vgl.DJLPE ,1996/1997.S.5-1):

- a. Elektrizität Rp147 /kWh oder Rp2940 /SLM
- b. Erdgas Rp1150 /kg oder Rp1376 /SLM
- c. Erdöl Rp405 /Liter oder Rp405/SLM
- d. Brennholz Rp88 /kg oder Rp535 / SLM
- h. Holzkohle Rp262/ kg oder Rp506 /SLM
- i Abfall a. d. Landwirtschaft Rp49 /kg oder Rp229 /SLM

Basierend auf der Kostenberechnung ergibt sich, daß die teuerste Art von Energie Elektrizität ist. An zweiter Stelle steht Erdgas und am günstigsten ist Abfall aus der Landwirtschaft (SLM = Liter Öl-Äquivalent). Tabelle 3.14 zeigt die Ausgaben für

Energie bezogen auf das Einkommen. Es werden hier 3 Einkommensstufen unterschieden.

Die Gruppe mit einem Einkommen von mehr als Rp 4000.000 pro Jahr hat einen durchschnittlichen Energieverbrauch von Rp 469,000 pro Jahr oder 7% des Gesamteinkommens.

Tabelle 3.14
Ausgaben für Energie bezogen auf das Einkommen

Erklärung	Einkommensstufe Stufe (x 1000 / Jahr)		
	< 2000	2000 - 4000	> 4000
Gesamtkosten pro Haushalt (x Rp 1000,-)	1452	2872	6784
Kosten der Energie (x Rp 1000,-)	225	317	469
Energiekosten in %	16	11	7
Kosten von Energiearten in %:			
Elektrizität in %	32	38	46
LPG in %	2	5	13
Erdöl in %	38	45	33
Brennholz in %	27	12	8
Holzkohle in %	0,5	0,3	0,1
Abfall Landwirtschaft in %	< 0,5	0	0

Quelle: DJLPE , 1996/1997, S. 5-4

3.7 Die erneuerbaren Energien und deren Situation in Indonesien

Möglichkeiten der Anwendung von regenerativen Energien werden in vielen Pilotprojekten untersucht und weiterentwickelt. Dabei sind Wasserkraftanlagen und Solarenergie bereits sehr stark verbreitet.

Regenerative Energien werden mit unterschiedlichen Entwicklungsstrategien verbreitet:

- „*Top-Down*“ Strategie
Dieses sind Projekte von Regierungsorganisationen für die Nutzung von Wasserkraftanlagen, Windenergie, Solarenergie oder thermischer Vergasung.
- „*Bottom-Up*“ Strategie
Die Nutzung von Selbstbau – Wasserkraftanlagen auf Bali, in Doko, Ost-Java und West Sumatra sind Beispiele für die Entwicklungen durch Initiativen der Dorfbevölkerungen.

Die beiden Strategien haben meist ein begrenztes Ziel, z.B. nur, die Elektrifizierung in ländlichen Regionen für Beleuchtung und Kommunikation zu nutzen. Es handelt sich um vereinzelte Programme zur Elektrifizierung und nicht um Bestandteile eines integrierten Entwicklungsprogrammes für ländliche Regionen und kleine oder mittlere Industrien.

3.7.1 Die Solarenergie in Indonesien

Die Erforschung der Solarenergie wird seit 1979 von der BPPT durchgeführt und beruht auf einer Zusammenarbeit zwischen der BPPT und der Bundesrepublik Deutschland.

Die Forschungs- und Entwicklungsprojekte von BPPT sollen Erkenntnisse über die Technologie von Solarenergie im Bereich von Photovoltaik und Solarthermik erbringen. Sie werden mit Blick auf Wasserpumpen, Radio und Kommunikation, TV-Empfangsstationen sowie die allgemeine Elektrifizierung durchgeführt, oder aber auch mit Rücksicht auf den Betrieb von Kühlsystemen für Gesundheitszentren in einigen Dörfern verschiedener Regionen.

Tabelle 3.15
Entwicklung der Photovoltaik in Indonesien

No		Installation			Institution
		Kapazität (kWp)	(%)	Jahre	
1.	Elektrizität in Dörfern: Solarhaus -System	303,51	27,7	1988	BPPT Dep.Pertambangan & Energi (DJELB) Dep.Koperasi PEMDA
	Zentrales System	19,74	1,8	1987	BPPT
	Hybrides System: Photovoltaik, Windenergie und Dieselgenerator	30	2,7	1991	BPPT
	Photovoltaik, Diesel und Wasserkraftanlagen	130	11,8	1989	Dep.Pertambangan & Energi Baru
2.	Wasserpumpen	104,2	9,5	1986	BPPT & Dep.PU Dep.Transmigrasi
3.	Empfangssysteme Fernsehen	28,15	2,5	1988	BPPT & TVRI
4.	Allgemeines Fernsehen und Parabolantennen	43	3,9	1989	Dep.Dalam Negeri PEMDA Dep. Hankam
5.	Kühlsysteme in Gesundheitszentren von Dörfern	62,34	5,6	1991	Dep. Kesehatan
6.	Protektion Katodis	33,59	3	1989	Perusahaan Minyak
7.	Empfangssysteme Telekom- munikation	340,54	31,1	1989	Dep.Hankam & Dep. Pariwisata, Pos dan Telekomu- Nikasi
Gesamtkapazität		1095,07			

Quelle: Djojonegoro, Wardiman, 1992, S. 11.

Die Entwicklung der Solarenergie in Indonesien wird sowohl durch die indonesische Regierung als auch durch private Institutionen durchgeführt. Beteiligt sind u.a. BPPT,

Direktorat Jenderal Listrik dan Energi Baru (DJLEB/Generaldirektion für Strom und neue Energien), Departement Transmigration (Transmigrationsministerium), Televisi Republik Indonesien (Fernsehen der Republik Indonesien), Departement Pos dan Telekomunikasi (Dep. Parpostel /Post- und Telekommunikationsministerium), Departement Pertahanan dan Keamanan (Ministerium für Verteidigung und Sicherheit). Tabelle 3.15. zeigt die Entwicklung der Solarenergie in Indonesien.

Tabelle 3.16
Nutzung der elektrischen Solarenergie nach BPPT in indonesischen Dörfern

System	Standort / Dorf	Kapazität (kWp)	Jahr
Wasserpumpe	Picon,Java Barat	5,5	1979
	Pemuda,NTT	3,7	1981
	Gollowatu,NTT	6,2	1981
	Wee,Mulu,NTT	3,7	1981
	Gua Gilap,Yogyakarta	6	1986
	Mawasangka, Sulawesi Tenggara	6,4	1990
	Oelnasi,NTT	1,9	1991
	Enorian,NTT	3,29	1992
	Oenoni,NTT	3,29	1992
	Puspiptek, Serpong	3,29	1992
	Wasserpumpe und Deselination	Cituis, Jawa Barat	25
Wasserreinigung	Kedung, Jawa Barat	3	1987
Beleuchtung in Dörfern	Kenteng, Yogyakarta	19	1987
	Natuna, Riau	1,4	1988
	Sukatani, Jawa Barat	8,2	1988
	Di 14 Propinsi	127	1992
Hybrid (Photovoltaik mit Diesel PV und Windenergie)	Nusa Penida, Bali	9,7	1991
Empfangsstation Fernsehen	Maliana, Timor-Timur	1,2	1985
	G.Brengos, Jawa Barat	2,8	1988
	G.Tua, Sumatera Utara	0,4	1988
	Sipirok, Sumatera Utara	5	1988
Kühlsysteme in dörtl. Gesundheitszentren	Serpong, Jawa Barat	0,38	1988
	Pelauw, Maluku	0,38	1988
	Bentiring, Bengkulu	0,38	1988
Radiokommunikation	P.Peniki, Jakarta	0,23	1988
	P.Bawean, Jawa Timur	0,23	1988
	P.Banda, Maluku	0,23	1988
	P.Natuna, Riau	0,23	1988
Untersuchung Photovoltaik	Puspiptek, Serpong	3	1987
Kapazität Total		252,04	

Quelle: Djojonegoro, Wardiman, 1992., S. 8

Es gibt 3 typische Konzepte zur Versorgung mit Solarenergie in Indonesien, und zwar:

- a. PV - Solar Home System (SHS)

- b. Zentrale PV – Anlagen
- c. PV - *Hybrid System*

Solar Home System – Photovoltaik

Während zentrale PV – Anlagen und PV – Hybridsysteme nur wenig verbreitet sind, kommen SHS häufig zum Einsatz.

Das *Solar Home System* wird für Beleuchtungszwecke genutzt. Eine Einheit eines *Solar Home System* besteht aus folgenden Komponenten:

- a. Einem Photovoltaikmodul (45 bis 50 Wp)
- b. Einem Regler
- c. Einer Batterie (70 Ah bis 100 Ah)
- d. 2 bis 3 Lampen (6 bis 10 Watt, DC, Fluoreszenzlampe)
- e. Einem Mast

Die Nutzung des Solar Home Systems wird durch das staatliche Projekt Banpres gefördert. Das SHS wurde bereits in 14 Provinzen und 15 KUD (Dorfkooperativen) installiert. Dabei werden technische, soziokulturelle und ökonomische Aspekte besonders beachtet.

Die Solarhäuser aus dem Projekt Banpres werden schon seit vier Jahren betrieben, und normalerweise sind die photovoltaischen Module noch funktionstüchtig, aber es gibt Probleme mit den Reglern, der Lampe und dem Inverter, der Batterie und dem Elektrizitätsnetz. Dies zeigt die folgende Auflistung der von Problemen betroffenen Komponenten von SHS nach der Häufigkeit:

- a. Regler (3,4 % bis 20%)
- b. Lampe (10% bis 50%)
- c. Inverter (0,1 bis 50 %)
- d. Netzelektrizität ca. 20%
- e. Batterie

Auch empfinden die Konsumenten, daß die Kapazität von SHS nicht ausreichend ist und wechseln nach Vergrößern der Lampe zur Netzelektrizität, wodurch technische Probleme mit dem Regler und der Netzelektrizität auftreten. Tabelle 3.17 zeigt die typischen technischen Probleme im SHS Projekt Banpres.

Tabelle 3.17
Technische Probleme von SHS

Komponente	Ergebnisse	Zustand
Photovoltaik-Modul	100 %	Gut
Zustand des Wassers in der Batterie	94%	Gut
Netzanschluß der Batterie	97%	Gut
Zustand der Batterie	100%	Gut
Regler	97%	Gut
Lampe und Inverter	97%	Gut
Qualität der Solarenergieversorgung	100%	Gut
Netzelektrizität	58%	Ausreichend
Schaltung	94%	Gut
Sonneneinstrahlung	91%	Gut
Distanz zwischen Batterie und Lampe (3m-6m)	76%	Gut

Quelle: Dr.Hardi Gianto, 1993,S.5
Ergebnisse nach 4 Betriebsjahren

Soziokulturelle und ökonomische Aspekte

Für das *Solar Home System* (SHS) bezahlt der Verbraucher bei der Installation Rp 50.000 (11 DM ; 1 DM = Rp 4500 in 1999), danach jeden Monat Rp 7500 (1,60 DM) für einen Zeitraum von 120 Monaten. Davon erhält die KUD Rp 500 (0,10 DM) für Administration, die von den monatlichen Raten in Höhe von Rp 7.500 einbehalten werden. Die SHS-Entwicklung wird stark subventioniert. Die Höhe der Subvention ist in jeder Provinz unterschiedlich.

Die Lebensbedingungen der Familien, die in SHS-Häusern leben, sind im allgemeinen besser als die anderer Leute in vergleichbaren Dörfern. Der Verdienst der Familien in solchen Regionen liegt bei Rp 200.000 bis Rp 400.000 pro Monat (ungefähr 44 DM bis 88 DM). Andernorts wird in der Regel Kerosin für die Beleuchtung genutzt. Familien in solchen Regionen benötigen normalerweise zwischen 24 und 30 Liter pro Monat, was durchaus teurer ist.

3.7.2 Die Windenergie in Indonesien

In Indonesien sind ca. 85 Windkraftanlagen für verschiedene Nutzungen installiert. Die Installation der Windrotoren wird von Regierungsinstitutionen wie LAPAN, Departement Kooperativen und BPP.Teknologi, aber auch privat vorgenommen. Tabelle 3.18 zeigt die Windenergie an verschiedenen Standorten, ihre Nutzung und die installierte Leistung.

Tabelle 3.18
Nutzung von Windenergie

No	Leistung	ANZAHL	STANDORT	NUTZUNG
1	250 W	5	Kalianyar, Jepara	Lampe, Radio, TV
2	1000 W	7	Kalianyar	Lampe, Radio, TV
3	1000 W	12	Bulak Baru, Jepara	Lampe, Radio, TV
4	2500 W	7	Bulak Baru, Jepara	Lampe, Radio, TV
5	1000 W	7	Selayar, NTB	Lampe, Radio, TV
6	1500 W	1	Kupang, NTT	Pumpe
7	72 W	5	Manado, Bengkulu, Pulau Panggang, Pel. Ratu	Lampe
8	10 kW	1	Samas, Yogyakarta	Pumpe
9	2 kW	1	Ciparanti, West Java	Lampe
10	100 W	8	Lebak, West Java	Lampe
11	300 W	4	Lebak, West Java	Lampe
12	100 W	4	Cirebon, West Java	Kommunikation
13	10 kW	2	Nusa Penida, Bali	Hybrid
14	300 W	2	Tegal, Central Java	Kommunikation
15	100 W	8	Toraja, Sulawesi	Lampe
16	100 W	4	Ujung Pandang, Sulawesi	Lampe
17	1500 W	1	Bulak Baru	Pumpe
18	100 W	1	Garut, West Java	Kommunikation
19	100 W	1	Sukabumi, West Java	Hybrid
20	250 W	1	East, Lombok	Lampe
21	100 W	2	Cikande, West Java	Lampe
22	300 W	1	Cikande, West Java	Lampe
23	<i>Mechanical</i>	<i>Wind Mills</i>	für Wasserpumpen	an einigen Standorten

Quelle: Sulisty Atmadi, 1995, S.14

3.7.3 Energie aus Biomasse in Indonesien

Die Technologie der Nutzung von Biomasse wird für die Versorgung mit elektrischer Energie und zum Kochen eingesetzt. Dabei wird folgendermaßen vorgegangen:

a. Biogastechnologie

Bei der Biogastechnologie wird in einem anaeroben, bakteriellen Prozeß über mehrere Wochen aus flüssiger Biomasse (z.B. Gülle, Dung von Rindern, Hühnern und anderen Tieren, Grünpflanzen und Pflanzenabfällen, Abfällen und Abwässern der Agrarindustrie) Energie erzeugt.

Bild 3.5 zeigt die Entwicklung von Biogasanlagen nach dem chinesischen Typ bei BPPT mit der Kapazität 20 m³. Eine solche Biogasanlage wird im Dorf Cituis installiert.

Bild 3.5
Die Entwicklung von Biogasanlagen chinesischen Typs bei BPPT
mit einer Kapazität von 20 m³



Quelle: BPPT

Nach Untersuchungen am Institut Pertanian Bogor, das die Biogastechnologie in Indonesien entwickelt, wurden schon über 300 Einheiten installiert. Aber die Entwicklung der Biogastechnologie in Indonesien funktioniert nicht gut. Die Gründe sind:

1. Es gibt noch andere Energiequellen in den Dörfern, die einfacher zugänglich sind. Beispiele sind Holz, Erdöl, Holzkohle, Abfälle aus der Landwirtschaft usw.
2. Die Biogasanlage wird von den Dorfbewohnern nicht akzeptiert, weil diese Art der Energiegewinnung nicht den Gewohnheiten des Dorfes entspricht. Dies zeigte sich z.B. im Dorf Picon.

b. Thermische Vergasung

Thermische Vergasung ist eine Verschmelzung von fester Biomasse, die in sehr kurzer Zeit (Minutenbereich) abläuft. Die Vergasung erfolgt im Vergasungsreaktor in mehreren Reaktionsstufen. Die Anlagen bestehen aus Vergaser, Gaskühler, Gaswäscher, Gastrockner, Gasregelstrecke und dem Gasmotor sowie Wasserfilter und Wasserrückkühler.

Entwicklung der thermischen Vergasung in Indonesien

Mit der Entwicklung der thermischen Vergasung von Biomasse wurde ca. 1976 begonnen. In vielen Institutionen wie dem Institut für Technologie Bandung (ITB), dem

Institut Pertanian Bogor (IPB), BPP.Teknologi, Direktorat Jenderal Listrik dan Pengembangan Energi (DJLPE)/Generaldirektorat Elektrizität und Energieentwicklung, Departement Forestry usw. werden Forschungen über die Energiegewinnung durch thermische Vergasung durchgeführt. Mit Hilfe der thermischen Vergasung wird Elektrizität erzeugt, durch die Wasserpumpen und Trockenanlagen für Holz betrieben werden (siehe Tabelle 3.19).

Tabelle 3.19
Entwicklung der thermischen Vergasung in Indonesien

No	Lokation	Design	Typ	Material	Nutzung	Leistung	Betrieb	Status
1	Bogor-LPHH	ITB-DJLB Indonesia	Fix Bed	Holz	Elektrizität	5 kVA	Zeitweise	Demo Stop
2	Balong	ITB-THTW Indonesia	Fix Bed	Holz	Elektrische	25 kVA	täglich	Feld- versuch
3	Majalengka	ITB-THTW Indonesia	Fix Bed open core	Abfall Reis	Elektrizität	15 kVA	täglich	Feld- versuch
4	Rajamandala Bandung	Gutrie Malaysia	Fix Bed	Holz	Elektrizität	200.000 BTU/h	täglich	Handel
5	Sesayap	ITB-BBI Indonesia	Fix Bed	Holz	Industrie Elektrizität	50 kVA	täglich	Pilot Plant
6	Mojokerto	ITB-BBI Indonesia	Fix Bed	Abfall Reis	Reismühle	800 kg/h	täglich	Pilot Plant
7	Kupang,NTT	ITB-BBI Banpres	Fix Bed	Holz	Elektrizität	65 kW	täglich	Pilot Plant
8	Sumbawa. NTB	ITB-BBI Banpres	Fix Bed open core	Gras	Elektrizität	40 kW	täglich	Pilot Plant
9	Irian	ITB-BBI Banpres	Fix Bed	Holz	Elektrizität	15 kW	täglich	Pilot Plant
10	Maluku	ITB-BBI Banpres	Fix Bed	Holz	Elektrizität	15 kW	täglich	Pilot Plant
11	Samarinda Kaltim	ITB-BBI Banpres	Fix Bed	Klein Holz	Industrie, Elektrizität	65 kW	täglich	Pilot Plant
12	Palembang	ITB-BBI Banpres	Fix Bed	Holz	Industrie, Elektrizität	65 kW	täglich	Pilot Plant
13	Jambi Sumatra	Italy	Fix Bed	Holz	Industrie, Elektrizität	35 kW	täglich	Pilot Plant
14	Ujung Pandang Sulsel	Italy	Fix Bed	Holz	Industrie, Elektrizität	35 kW	täglich	Pilot Plant
15	Pulau Laut Kalsel-2 Unit	Italy	Fix Bed	Holz	Industrie, Elektrizität	70 kW	täglich	P. Plant Stop =1
16	Riau-Sumatra 4 units	Italy	Fix Bed	Holz	Industrie, Elektrizität	100 kW 2x15kW 2x35kW	täglich	Pilot Plant
17	Cipinang -DKI	Italy	Fix Bed	Holz	Industrie, Elektrizität	15 kW	täglich	Pilot Plant
18	Picon -2 Unit	FW/Imbert Germany	Fix Bed	Holz	Pumpe	80 kW	Zeitweise	Pilot Plant
19	Serpong	Surlite,USA PPTGN- IND	Fluid Bed	Gras	0	80 kW	Zeitweise	Labor.
20	Bogor	Belgium	Fluid Bed	Abfall Landwirts	0	80 kW	Zeitweise	Labor.
21	Weitere 6 Ein- heiten	Johti,India Dian Desa	Fix Bed	Holz	Elektrizität	100 kW 6 x	täglich	Pilot Plant

Die Nutzung der thermischen Vergasung für kommerzielle Zwecke wirft noch einige Probleme auf. Die Kosten des Verfahrens sind sehr hoch, und die Technologie macht beim Betrieb noch Schwierigkeiten. Ein anderer Grund ist, daß die Forschungen für diese Methode zur Energieversorgung in der Stadt durchgeführt wurden, so daß das Material für die thermische Vergasung (wie Holz) nicht in ausreichenden Mengen vorhanden ist. Die Entwicklung der thermischen Vergasung verlief günstiger, wenn diese als Energieversorgung in den Transmigrationsgebieten für die neuen Dörfer eingesetzt würde. Material ist dort genug vorhanden.

Basierend auf Erfahrungen von Aktivitäts-Monitoren für thermische Vergasung und Biomasse wird PPE-ITB in Zusammenarbeit mit der Weltbank durchgeführt. Daß die Installation von thermischer Vergasung wenig ökonomisch und ziemlich erfolglos ist, hat folgende Gründe (Siagian,1994, S. 1401):

- a. Thermische Vergasung verlangt einen hohen Kapitaleinsatz..
- b. Die Preis von Öl liegt noch unter dem für thermische Vergasung.

3.7.4 Hybridsysteme in Indonesien

Ein Hybridsystem beruht auf dem Zusammenspiel von zwei oder mehreren Energieversorgungssystemen mit dem Ziel, die Nutzung und Systemleistung zu optimieren. Es ist ein gekoppeltes System, wie zum Beispiel eine Verbindung von regenerativer Energie mit Dieseldieselsätzen.

Indonesien entwickelt seit 1990 Hybridsysteme. Diese Systeme sind Pilotprojekte. Ihre Entwicklung wird von den Institutionen der Regierung wie BPP.Teknologi,Direktorat Jenderal Listrik dan Pengembangan Energi /Generaldirektorat Elektrizität und Energieentwicklung und Departement für Kooperativen durchgeführt.

Zu den Hybridsystemen gehören:

- a. Photovoltaik-Diesel-Hybridsysteme (im Dorf Kertajaya in Westjava und im Dorf Bonto Bima in Nusa Tenggara Timur).
- b. Photovoltaik-Wasserkraftkleinanlagen-Hybridsysteme (im Dorf Teratak auf der Insel Lombok)
- c. Windenergie-Diesel-Hybridsysteme (in den Dörfern Ciparanti und Ciamis auf Westjava)
- d. Photovoltaik-Windenergie-Diesel-Hybridsysteme (in Nusa Penida auf Bali).

3.7.5 Nutzung von Wasserkraft in Indonesien

Die Wasserkraftanlagen des staatlichen Elektroversorgungsunternehmens (PLN)

Bei den Wasserkraftanlagen des staatlichen Elektroversorgungsunternehmens PLN wurden die Planung, Ausführung und Betriebskosten von PLN selbst übernommen. Normalerweise wird die Elektrizität über das staatliche Stromversorgungsnetz geleitet und an die Konsumenten verkauft. Die Konstruktion des Wasserbaus (Staudamm, Kanäle usw.), die elektrischen Komponenten (Generatoren, Sicherung, Kontrolle usw.) und die Mechanik (Rohrleitung, Turbine usw.) müssen stets den gleichen Standards genügen. Während des Langfristigen Entwicklungsplans I/PJPT I (1969-1994) wurden in Indonesien Wasserkraftanlagen mit einer Kapazität ca. 20.000 kW entwickelt.

Die erzeugte Elektrizität weist eine gleichmäßige Spannung und eine hohe Qualität für den Konsumenten auf.

Die von der PLN entwickelten Wasserkraftanlagen machen kaum Probleme mit der Technik. Und liefern eine Netzversorgung von gleichbleibender Qualität.

Die Wasserkraftanlagen von Institutionen und Selbstbaukooperativen

Da es sehr viele Dörfer weitab von der Stadt und auch äußerst abgelegene, isolierte Dörfer gibt, hat die PLN viele Gebiete noch nicht an das Netz angeschlossen. Das bedeutet, daß Strom, der selbst (z.B. mit Selbstbau-Wasserkraftanlagen) erzeugt wird, sehr wichtig sein kann, wenn ein ausreichendes Potential an Wasserkraft vorhanden ist. Da manche Einwohner nicht die Geduld haben, auf den Anschluß an das staatliche Netz zu warten, hat man in einigen Dörfern begonnen, über eigenes Management und Gemeinschaftsarbeit eine Wasserkraftanlage zur Stromerzeugung zu bauen und zu betreiben.

Nach Untersuchungen auf einigen Inseln (Bali, Java, Sumatra, Sulawesi, Irian Jaya) sind derzeit etwa 600 Wasserkraftanlagen in der Entwicklung oder im Betrieb.

Wasserkraftanlagen sind häufig in Westsumatra, Bali und in Unterbezirken von Doko in Ostjava anzutreffen. Der Großteil der Anlagen hat Wasserräder, die Technik der Wasserkraftanlagen wurde den dörflichen Bedingungen angepaßt, damit die Konstruktion einfach ist und die Einwohner sie selbst installieren und aufbauen können. Die Bevölkerung übernimmt den Bau, das Management, die Kosten und die Planung.

Bei einer Untersuchung des Einsatzes von Wasserrädern auf Bali und im Unterbezirk Doko Ostjava ergibt sich (Notosudjono, S.45,1991):

1. Die Konstruktion ist einfach und billig, Wasserräder können selbst hergestellt werden.
2. Wasserräder können kleine Mengen Wasser in Elektrizität umsetzen.
3. Stark verschmutztes Wasser kann verwendet werden
4. Sehr unregelmäßige Zuflußmengen können genutzt werden.
5. Eine Regulierung ist nur durch Flußsteuerung möglich, sonst ergibt sich keine gleichmäßige Leistungsabgabe.

Kosten der Selbstbau-Wasserkraftanlagen

Die Fonds für Selbstbau-Wasserkraftanlagen werden von den Bewohnern der Dörfer gemeinschaftlich finanziert. Der Selbstbau der Wasserkraftanlage wird nach einem der folgenden Modelle abgewickelt:

1. Die Einwohner in den Dörfern finanzieren die gesamten Kosten der Wasserkraftanlage.
2. Es gibt zwei Gruppen in den Dörfern. Die erste Gruppe bezahlt alle Kosten sofort, die andere Gruppe bezahlt in Raten, da sie nicht genügend Geld aufbringen kann. Für die Mitglieder der Gesellschaft, die nicht sofort bezahlen können, finanzieren reiche Mitglieder die Kosten vor.
3. Die Bewohner der Dörfer bezahlen einen Teil der Kosten zusammen, den anderen Teil leihen sie sich von der Bank.
4. Die Kosten der Wasserkraftanlage finanziert ein reicher Einwohner vor; wenn die Anlage dann gut funktioniert, bezahlen die Dorfeinwohner die Kosten zusammen.

Die Kosten für die Installation betragen pro Konsument zwischen 6 DM und 153 DM (1 DM = Rp 4.500 in 1999). Die Kosten der Wartung werden gemeinsam getragen.

Technische und sozio-ökonomische Aspekte von Selbstbau-Wasserkraftanlagen

Die Selbstbau-Wasserkraftanlagen werden häufig mit Erfolg betrieben, aber es können doch noch viele Probleme auftreten. Nach vorliegenden Erfahrungen ergeben sich bei Wasserkraftanlagen von Institutionen und Selbstbau-Wasserkraftanlagen folgende Probleme:

- a. Technische Probleme
 - Spannungsschwankungen und Instabilität in der Frequenz.
 - Die elektrische Spannung ist zu niedrig.

b. Managementprobleme

c. Hohe Investitionen: normalerweise muß der Verbraucher hohe Stromkosten bezahlen.

Tabelle 3.20 zeigt technische und sozio-ökonomische Aspekte von Selbstbau-Wasserkraftanlagen an einigen Standorten auf Bali, Sumatra und Ostjava.

Tabelle 3.20
Technische und sozio-ökonomische Aspekte

No	Technische Aspekte	Sozio-ökonomische Aspekte
1.	Die Konstruktion ist sehr einfach. Deswegen werden die Energiepotentiale nicht voll genutzt, wie bei Wasserkraftanlagen in Liki Westsumatra und im Dorf Beresela, Bali.	Die Einwohner nutzen billiges, lokal vorhandenes Material und können die Installation in Gemeinschaftsarbeit durchführen. Die Einwohner können die Anlagen selbst zusammenbauen, das bedeutet, man braucht keine Zusatzkräfte zu bezahlen.
2	Mechanische Umstände z.B.: * Flachriemen und Keilriemen müssen alle zwei Jahre ausgewechselt werden * Des Material der Schaufeln ist nicht stabil.	Es muß auf regelmäßige Wartung geachtet werden.
3	Generatoren: Generator ist defekt wegen der Isolierung und brennt aus wie in Liki Westsumatra und Doko-Ostjava.	Die Einwohner können die Anschaffung der Wasserkraftanlagen selbst finanzieren.
4.	Die Stromspannung entspricht nicht dem Standard.	Die Einwohner kennen die Gefahren der Elektrizität nicht.
5	Die Dorfbewohner können die Reparatur der Wasserkraftanlage nicht selbst durchführen.	Die Einwohner sind stolz, eine Wasserkraftanlage selbst gebaut zu haben
6	Die Wartungskosten werden von den Bewohnern nicht mehr getragen, da die Anlage als Investition der Regierung betrachtet wird wie im Fall des Dorfes Liki in Westsumatra..	Die Einwohner können Wartung und Betrieb der Wasserkraftanlage zusammen bezahlen, wenn die Entwicklung eine Selbstbau-Wasserkraftanlage ist.
7	Die Lebensdauer der Wasserkraftanlage wurde nicht ausgenutzt, da viele Verbraucher zum Netz der PLN wechseln, sobald diese in die Dörfer kommt.	Die Einwohner glauben häufig, daß ein Anschluß an das Netz der PLN später Fortschritte und eine Verbesserung beinhaltet; die eigene Wasserkraftanlage wird daher als Übergangslösung betrachtet.

Quelle: Autor (nach Angaben von Monitoren für Wasserkraftanlagen in Bali, West Sumatra, Irian Jaya und Java)

3.8 Zusammenfassung zu Energieversorgung, Energiepotentialen und Energieverbrauch in Indonesien

Im Kapitel III wurde der Ausbau und die Nutzung von Primärenergie (wie Erdöl, Steinkohle, Erdgas und Wasserkraftanlagen) im Langfristigen Entwicklungsplan Stufe I erklärt. Eine wichtige Information ist:

- Die meiste Primärenergie in Indonesien liefert der Energieträger Erdöl (62%-90%). Andere Energielieferanten sind Erdgas, Steinkohle und Erdwärme (siehe Tabelle 3.2) sowie regenerative Energien wie Windenergie, Solarenergie, Biomasse und Wasserkraftanlagen.
- In Tabelle 3.1 :
 Erdöl Ende Pelita I : 90,9% \cong 114,5 TWh
 Erdöl Ende Pelita V : 62,2% \cong 454,6 TWh
 Der Anteil in Prozent ist zwar weniger geworden, aber der absolut Verbrauch bei Erdöl ist kontinuierlich gewachsen – von 114 TWh auf 454 TWh, also vierfacher Verbrauch (Ca. 400% Steigerung).
- Im Langfristigen Entwicklungsplan Stufe I wurden die Kapazitäten für die Energieversorgung von der PLN um 13176 MW ausgebaut. Hinzu kamen 19896 km Hochspannungsnetz, Unter-(Sub)stationen mit 23936MVA, 118315 km Mittelspannungsnetz, 162442 km Niederspannungsnetz und Sub-Substationen mit der Leistung von 17899 MVA. Es gibt Unterschiede in der Nutzung der Energie in den städtischen und ländlichen Regionen Indonesiens. In den Städten wird häufig Erdöl oder Gas zum Kochen benutzt, auf dem Land wird hierfür Biomasse verwendet.
- Elektrizität wird in den ländlichen Regionen meist für die Beleuchtung verwendet. Der durchschnittliche Energieverbrauch an Elektrizität pro Kopf und Jahr beträgt 132 kWh.
- Der Verbrauch von Energie aus Erdöl und Brennholz ist in den 11 Provinzen größer als der Verbrauch von anderweitig gewonnener Energie. Am meisten wird in den 11 Provinzen Erdöl verbraucht: Es liefert 35 % des totalen Energieaufkommens pro Jahr und Provinz. An zweiter Stelle steht Brennholz. Um die Kosten für Energie in den Haushalten zu decken, müssen durchschnittlich 10% des gesamten Haushaltseinkommens in einem Jahr aufgewandt werden.

Die meisten Energiepotentiale - Steinkohle, Erdöl, Erdgas, Erdwärme, Biomasse, Windenergie, Wasserkraftanlagen und Solarenergie - liegen außerhalb Javas, aber 60% der gesamten Bevölkerung Indonesiens wohnt auf Java. Das heißt, für die Entwick-

lung, den Aufbau und die Optimierung der Energieversorgung in der Zukunft müssen Prioritätsprogramme, die Aspekte Standort, Bevölkerung und gleichmäßiger Aufbau berücksichtigen, zusammen mit dem Ausbau auf Java durchgeführt werden, damit ein Entwicklungsprogramm in Indonesien Erfolg haben kann.

Das Energiepotential aus Solarenergie ist ungefähr $4,5 \text{ kWh/m}^2$. Die Solar Home Systems haben zur Zeit eine Leistung von 50 Wp für eine Familie. Es gibt größere Programme, das heißt Programme über 50 MW. Das bedeutet, daß ein solches Programm das Ziel hat, 1 Million Häuser mit Strom zu versorgen. Ein Haus hat dabei die Nennleistung von 50 Wp. Das Programm begann 1995 an einigen ausgewählten Standorten. Charakteristika der Entwicklung der Solarenergie in Indonesien sind:

- Investitionen und Initiativen zur Entwicklung kommen von die Regierung.
- Die Nutzung der Solarenergie dient beim Solar Home Systems der Beleuchtung
- Andere Nutzungen der Solarenergie sind Wasserpumpen, Fernsehempfangsstationen, Kühlschränke für Medizin in den Polykliniken auf den Dörfern und Anlagen der Telekommunikation.

Management, Technik, Investition und Wartung sind typische Probleme bei der Entwicklung regenerativer Energien. Bezüglich der Entwicklung regenerativer Energien wurden einige wichtige Information dargestellt wie:

- Die Nutzung regenerativer Energie wird von Institutionen der Regierung meist durch „*Top Down*“-Entwürfe in Form einzelner Programme zur Elektrifizierung für Beleuchtung und Kommunikation betrieben, während das „*Bottom Up*“-Prinzip für Selbstbauwasserkraftanlagen in Bali, Doko und West Sumatra angewendet wurde.
- Entwicklungen regenerativer Energieformen im Langfristigen Entwicklungsplan der Stufe I sind bescheiden, aber ausbaufähig. Die Wasserkraftanlagen liefern 6,33% der gesamten nationalen Primärenergie und die anderen regenerativen Energien wie Windenergie und Biomasse werden zur Zeit als Pilotprojekte oder Forschungsanlagen betrieben. Die kommerzielle Nutzung regenerativer Energie ist noch nicht entwickelt.
- Die Programme vom Departement Transmigration zur Nutzung von Abfall und Holz bieten Möglichkeiten, die Vergasung weiterzuentwickeln.
- Die Nutzung regenerativer Energien, z.B. kleiner Wasserkraftanlagen, in einigen Dörfern stellt eine Übergangslösung für die Versorgung mit elektrischer Energie dar. Obwohl schon viele kleine Wasserkraftanlagen auf den Inseln Indonesiens

entwickelt wurden, werden die meisten Wasserkraftanlagen zur Zeit nicht betrieben, weil die Konsumenten zum Stromnetz von PLN gewechselt haben.

- Die Windenergie ist noch in der Pilotphase. Die maximale Leistung der Windenergie ist zur Zeit ungefähr 10 kW. Energiepotentiale der Windenergie liegen in Ostindonesien und einigen Standorte auf Java. Die Messung der Geschwindigkeit wurde in Höhen von 10 m und 24 m durchführt.