

## **BAB IV**

### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

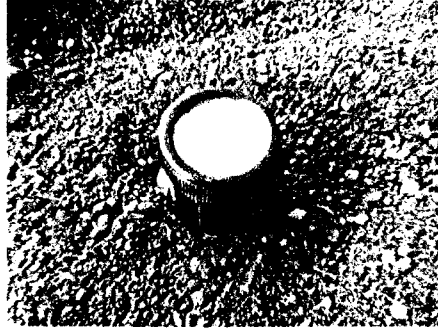
#### **4.1 Umum**

Setelah dilakukan penelitian didapatkan hasil bahwa variasi antara serbuk gergaji sengon:lumpur:kotoran sapi dengan variasi berat dapat mempengaruhi waktu kematangan kompos.

Pada penelitian ini dilakukan penelitian pendahuluan, yaitu penelitian yang dilakukan untuk menguji bahan masing-masing reaktor setelah diadakannya pencampuran bahan untuk pengomposan. Penelitian selanjutnya untuk mengetahui parameter yang berperan dalam komposting yang meliputi suhu, pH, rasio C/N, N, P dan K selama komposting berlangsung hingga akhir proses (akhir pengamatan).

#### **4.2. Pengukuran pH**

Seperti faktor lainnya, derajat keasaman perlu dikontrol selama proses pengomposan berlangsung, karena pH juga merupakan faktor lingkungan yang penting bagi pertumbuhan mikroorganisme. Cara pengukuran pH dapat dilihat pada Gambar 4.1. Adapun perubahan-perubahan pH masing-masing reaktor selama proses komposting dapat dilihat pada Tabel 4.1



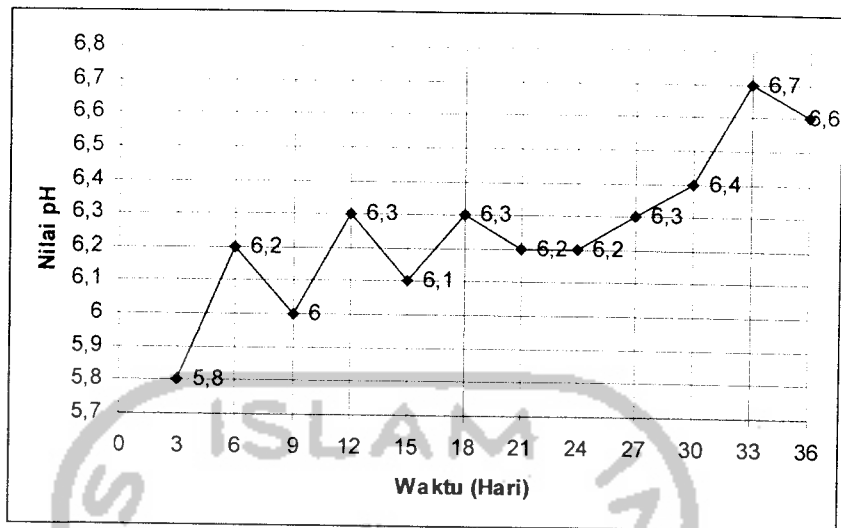
Gambar 4.1. Pengukuran pH pada reaktor dengan menggunakan pH meter

Tabel 4.1. Hasil Pengukuran pH Pada Tiap Reaktor

Tanggal	R1 100 (lumpur )	R2 100 % ( sapi )	R3 35:50:15	R4 15:50:35	R5 25:50:25
22/8/2005	5.8	6.1	5.8	5.8	5.8
25/8/2005	6.2	6	6.1	6.3	6.1
28/8/2005	6	6.3	5.9	6.7	6.4
31/8/2005	6.3	6.2	5.4	6.2	6.1
3/9/2005	6.1	6.4	5.5	6.3	6.1
6/9/2005	6.3	6.2	5.9	6.2	6
9/9/2005	6.2	6.2	5.6	6.4	5.9
12/9/2005	6.2	6.4	6.1	6.2	6
15/9/2005	6.3	6.6	6.4	6.6	6.2
18/9/2005	6.4	6.5	6.2	6.4	6.2
20/9/2005	6.7	6.6	6.4	6.3	6.4
22/9/2005	6.6	6.7	6.6	6.6	6.4

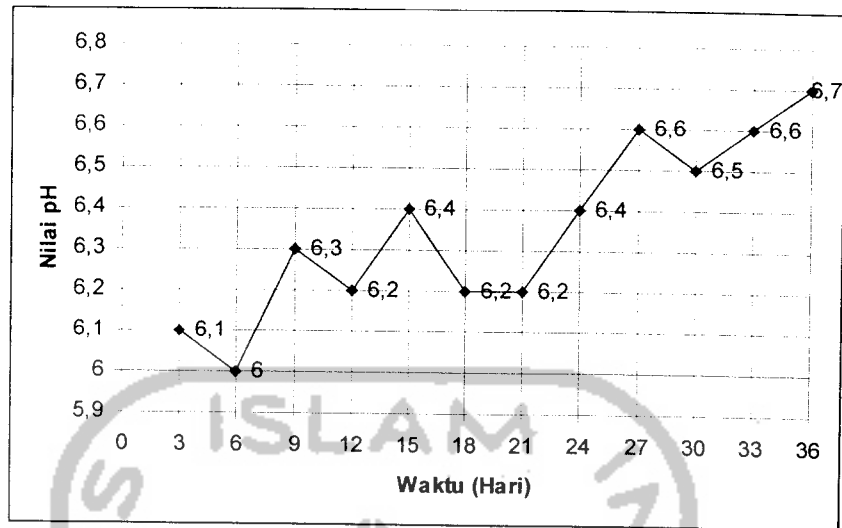
Sumber : Hasil analisa lab. kualitas air JTL UII

Grafik perubahan nilai pH pada tiap reaktor mulai dari hari ke-3 pengomposan sampai kompos dinyatakan matang (akhir proses) ditunjukkan pada Gambar 4.2-4.6.



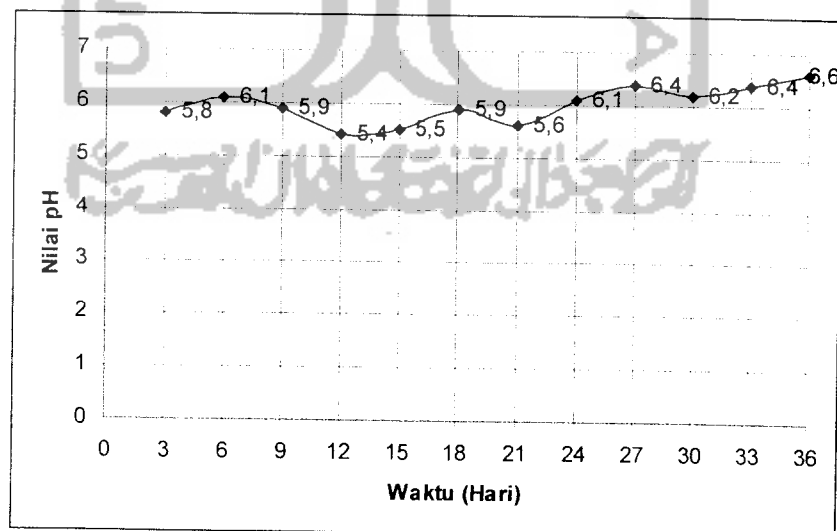
**Gambar 4.2. Grafik nilai pH pada reaktor 1 = 100 % Lumpur**

Pada reaktor 1 yaitu 100 % lumpur tanpa variasi dapat dilihat dari tabel bahwa pH lumpur yang berasal dari SDB cenderung bersifat asam dan mengalami kenaikan pada hari ke-6, pada hari-hari berikutnya mengalami kenaikan dan penurunan pH yang tidak mencolok karena pada reaktor tidak terdapat campuran material organik yang berfungsi mendekomposisi unsur pokok organik.



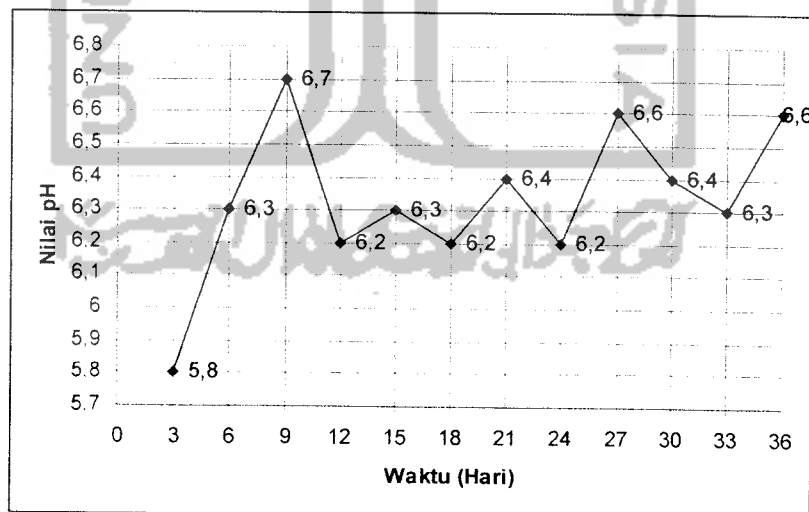
**Gambar 4.3. Grafik nilai pH pada reaktor 2 = 100 % Kotoran Sapi**

Pada Reaktor 2 yaitu 100 % kotoran sapi dapat dilihat pada awal proses terjadi penurunan pH, dan mengalami kenaikan pada hari ke-9. Kenaikan pH pada reaktor 2 ini tidak begitu besar dan mencolok, bahkan cenderung basa karena pada umumnya kotoran sapi mempunyai karakteristik basa (Setyawati, 2004).



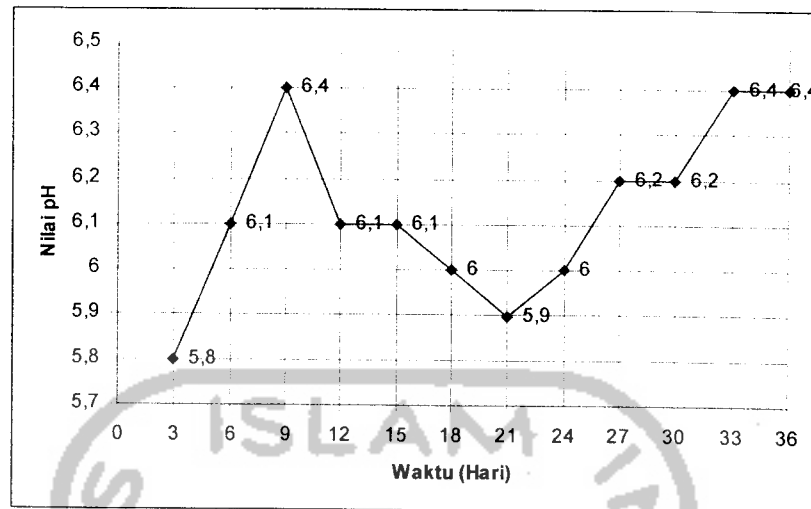
**Gambar 4.4 Grafik nilai pH Pada Reaktor 3 = 35 : 50 : 15**

Pada reaktor 3 dapat dilihat pada grafik mengalami kenaikan pH pada hari ke-6, kemudian mengalami penurunan yang tidak terlalu jauh pada hari ke-9 dan 12, kemudian pH berangsur-angsur mengalami kenaikan dan menjadi netral. Pada reaktor 3, pH pada awal pengomposan cenderung masih dalam keadaan asam tetapi pada akhir pengomposan menjadi pH netral. Hal ini juga adalah pengaruh dari bahan organik yaitu serbuk gergaji sengon, pada reaktor 3 ini perbandingan bahan untuk serbuk gergaji adalah yang paling banyak komposisinya yaitu sebesar 35%. Pada proses selanjutnya, jasad renik tertentu akan memakan asam organik tersebut sehingga terjadi kenaikan pH dan mendekati netral. pH yang awalnya asam akan naik dan cenderung basa dengan besarnya komposisi bahan organik pada reaktor 3 dengan cepat mendekati derajat keasaman yang netral karena karakteristik bahan yang mudah diuraikan oleh mikroorganisme menjadi partikel yang lebih sederhana.



Gambar 4.5 Grafik nilai pH pada reaktor 4 = 15 : 50 : 35

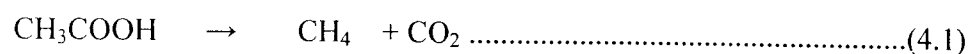




**Gambar 4.6** Grafik nilai pH pada reaktor 5 = 25 : 50 : 25

Dari pengamatan pH pada reaktor 4 dan 5 selama proses komposting berlangsung, pada hari ke-3, 6 dan 9 pH terus meningkat berkisar 5,8 – 6,7, karena pada penguraian bahan menjadi kompos terjadi pola perubahan nilai pH sejalan dengan waktu pengamatan. Pada minggu kedua terjadi penurunan yang tidak terlalu mencolok akibat penurunan aktifitas mikroorganisme pengurai dan pada minggu ketiga nilai pH kembali meningkat.

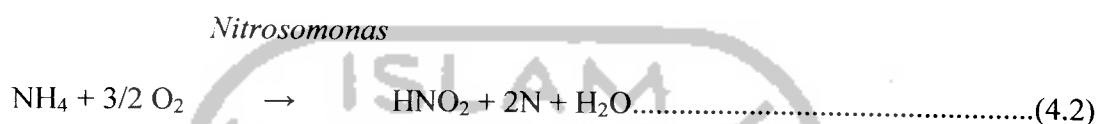
Kenaikan pH yang berangsur-angsur disebabkan hasil dekomposisi bahan organik pada tahap sebelumnya seperti asam-asam organik dikonversikan sebagai metan dan CO<sub>2</sub> (Polprasert, 1989) berlangsung lebih lama. Reaksinya :



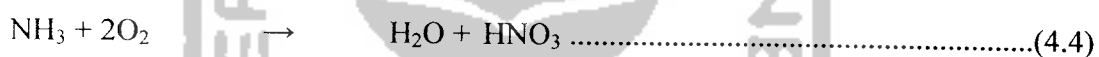
Selain itu peningkatan pH juga disebabkan oleh protein dan nitrogen organik yang menghasilkan *ammonium* yang dapat menaikkan pH. Selanjutnya akan terjadi tahap nitrifikasi, yaitu *nitrosomonas* dan *nitrobacter* tumbuh secara optimal dalam

range ini. Proses nitrifikasi ini ditunjukkan dengan penurunan nilai rasio C/N, karena bahan karbon berkurang dengan pelepasan CO<sub>2</sub> dilain sisi ada peningkatan N-organik dalam bentuk yang lebih sederhana. Selanjutnya pada akhir proses setelah tercapai fase pendinginan, nilai pH bersifat netral dan nilai rasio C/N turun.

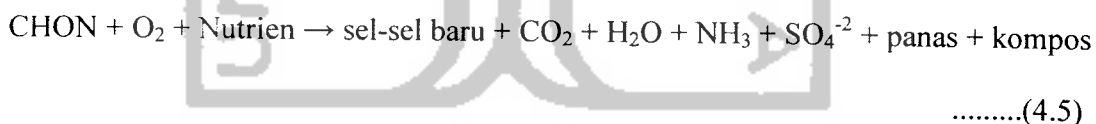
Reaksi biokimia untuk pengomposan aerobik



Hasil dari reaksi diatas adalah :



Transformasi aerobik



#### 4.2.1 Pengolahan Data Nilai pH Dengan Metode Statistik *One Way* ANOVA

Analisis data dengan metode ANOVA ini digunakan untuk menguji apakah rata-rata nilai pH pada semua variasi memiliki perbedaan yang signifikan. Pada Tabel 4.2 dapat dilihat ringkasan statistika dari data nilai pH.

**Tabel 4.2** *Descriptive* untuk nilai pH

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
1	12	6,258	,2429	,0701	6,104	6,413	5,8	6,7
2	12	6,350	,2195	,0634	6,211	6,489	6,0	6,7
3	12	5,992	,3777	,1090	5,752	6,232	5,4	6,6
4	12	6,333	,2387	,0689	6,182	6,485	5,8	6,7
5	12	6,133	,1969	,0569	6,008	6,258	5,8	6,4
Total	60	6,213	,2879	,0372	6,139	6,288	5,4	6,7

#### Hipotesis :

$H_0$  : Kelima varians populasinya identik

$H_1$  : Kelima varians populasinya tidak identik

#### Pengambilan keputusan :

- Jika probabilitas  $> 0,05$  ,maka  $H_0$  diterima
- Jika probabilitas  $< 0,05$  , maka  $H_0$  ditolak

Hasil perhitungan probabilitas dengan tes homogenitas variansi dapat dilihat pada

Tabel 4.3 dibawah ini :

**Tabel 4.3** Homogenitas variansi untuk nilai pH

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
2,040	4	55	,101



Analisis dengan tes homogenitas variansi bertujuan untuk menguji berlaku tidaknya asumsi untuk ANOVA, yaitu apakah kelima sampel memiliki varian yang sama, sebab salah satu asumsi dasar ANOVA adalah bahwa variannya haruslah sama.

Dari Tabel 4.3 diatas dapat terlihat bahwa *Lavene Test* hitung adalah 2,040 dengan nilai probabilitas 0,101. Oleh karena probabilitas  $> 0,05$ , maka  $H_0$  diterima, atau kelima varian adalah sama. Dibawah ini merupakan analisis data dengan metode ANOVA yang hasilnya ditunjukkan pada Tabel 4.4.

**Hipotesis :**

$H_0$  : Kelima rata-rata populasinya identik

$H_1$  : Kelima rata-rata populasinya tidak identik

**Pengambilan keputusan :**

- Jika probabilitas  $> 0,05$  ,maka  $H_0$  diterima
- Jika probabilitas  $< 0,05$ , maka  $H_0$  ditolak
- Jika  $F$  hitung  $< F$  tabel, maka  $H_0$  diterima
- Jika  $F$  hitung  $> F$  tabel, maka  $H_0$  ditolak

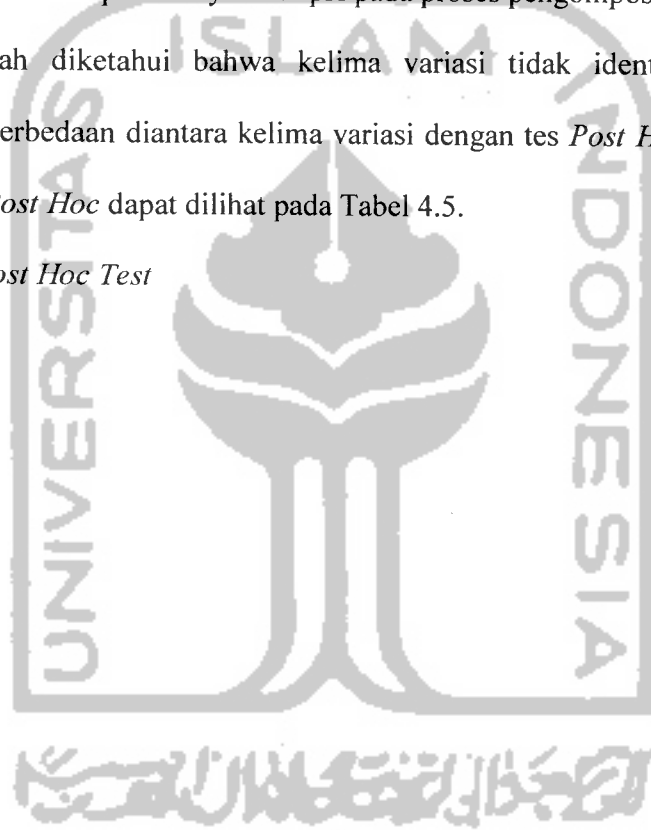
**Tabel 4.4** *Analysis of Variances* (ANOVA) untuk nilai pH

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1,088	4	,272	3,934	,007
Within Groups	3,802	55	,069		
Total	4,889	59			

Dari Tabel 4.4 dapat dilihat bahwa F hitung adalah 3,934 sedangkan F tabel adalah 2,539, karena  $F_{hitung} > F_{tabel}$  maka  $H_0$  ditolak. Nilai probabilitas adalah 0,007, oleh karena probabilitas  $< 0,05$ , maka  $H_0$  ditolak, atau rata-rata nilai pH pada kelima reaktor tidak identik, berarti variasi komposisi serbuk gergaji sengon dan kotoran sapi untuk bahan tambahan pengomposan lumpur limbah tidak terlalu berpengaruh terhadap besarnya nilai pH pada proses pengomposan.

Setelah diketahui bahwa kelima variasi tidak identik, kemudian dapat ditentukan perbedaan diantara kelima variasi dengan tes *Post Hoc*, hasil perhitungan dengan tes *Post Hoc* dapat dilihat pada Tabel 4.5.

**Tabel 4.5** *Post Hoc Test*



## Multiple Comparisons

Dependent Variable: pH

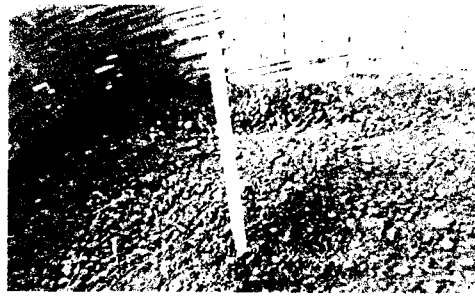
	(I) Reaktor	(J) Reaktor	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
Tukey HSD	1	2	-,0917	,1073	,912	-,394	,211
		3	,2667	,1073	,109	-,036	,569
		4	-,0750	,1073	,956	-,378	,228
		5	,1250	,1073	,771	-,178	,428
	2	1	,0917	,1073	,912	-,211	,394
		3	,3583*	,1073	,013	,056	,661
		4	,0167	,1073	1,000	-,286	,319
		5	,2167	,1073	,271	-,086	,519
	3	1	-,2667	,1073	,109	-,569	,036
		2	-,3583*	,1073	,013	-,661	-,056
		4	-,3417*	,1073	,019	-,644	-,039
		5	-,1417	,1073	,680	-,444	,161
	4	1	,0750	,1073	,956	-,228	,378
		2	-,0167	,1073	1,000	-,319	,286
		3	,3417*	,1073	,019	,039	,644
		5	,2000	,1073	,349	-,103	,503
	5	1	-,1250	,1073	,771	-,428	,178
		2	-,2167	,1073	,271	-,519	,086
		3	,1417	,1073	,680	-,161	,444
		4	-,2000	,1073	,349	-,503	,103
Bonferroni	1	2	-,0917	,1073	1,000	-,406	,222
		3	,2667	,1073	,160	-,047	,581
		4	-,0750	,1073	1,000	-,389	,239
		5	,1250	,1073	1,000	-,189	,439
	2	1	,0917	,1073	1,000	-,222	,406
		3	,3583*	,1073	,015	,044	,672
		4	,0167	,1073	1,000	-,297	,331
		5	,2167	,1073	,484	-,097	,531
	3	1	-,2667	,1073	,160	-,581	,047
		2	-,3583*	,1073	,015	-,672	-,044
		4	-,3417*	,1073	,024	-,656	-,028
		5	-,1417	,1073	1,000	-,456	,172
	4	1	,0750	,1073	1,000	-,239	,389
		2	-,0167	,1073	1,000	-,331	,297
		3	,3417*	,1073	,024	,028	,656
		5	,2000	,1073	,678	-,114	,514
	5	1	-,1250	,1073	1,000	-,439	,189
		2	-,2167	,1073	,484	-,531	,097
		3	,1417	,1073	1,000	-,172	,456
		4	-,2000	,1073	,678	-,514	,114

\*. The mean difference is significant at the .05 level.

Masalah perbedaan nilai pH pada kelima variasi bahan dibahas pada analisis Bonferroni dan Tukey dalam *Post Hoc Test*. Pada hasil uji Tukey HSD dapat dilihat bahwa antara reaktor 2 dan 3 memiliki perbedaan rata-rata nilai pH yang signifikan karena nilai probabilitasnya  $< 0,05$  yaitu 0,013 sehingga  $H_0$  ditolak, begitu pula antara reaktor 3 dan 4 yang memiliki probabilitas 0,019, sedangkan untuk reaktor lainnya tidak memiliki perbedaan rata-rata nilai pH yang signifikan. Pada kolom *Mean Different* terutama antara reaktor 2 dan 3 serta 3 dan 4 terdapat tanda “ \* “ berarti perbedaan rata-rata nilai pH signifikan.

#### 4.3. Pengamatan Suhu

Selama proses pengomposan secara aerob, populasi mikroorganisme terus berubah, maka suhu adalah indikator proses yang berkaitan dengan aktivitas mikroorganisme. Suhu optimal yang dibutuhkan dalam keadaan *termofilik* berkisar antara 55–65 °C dan sedapat mungkin dipertahankan sekurang-kurangnya 3 hari agar mikroorganisme patogen mati (Polprasert,1989). Dari grafik dapat dilihat hasilnya bervariasi ada reaktor yang dapat mencapai suhu optimum dan ada yang tidak dapat mencapai suhu optimum. Cara pengukuran suhu ditunjukkan pada Gambar 4.7. Sedangkan untuk hasil pengukuran suhu pada tiap reaktor dapat dilihat pada Tabel 4.6.



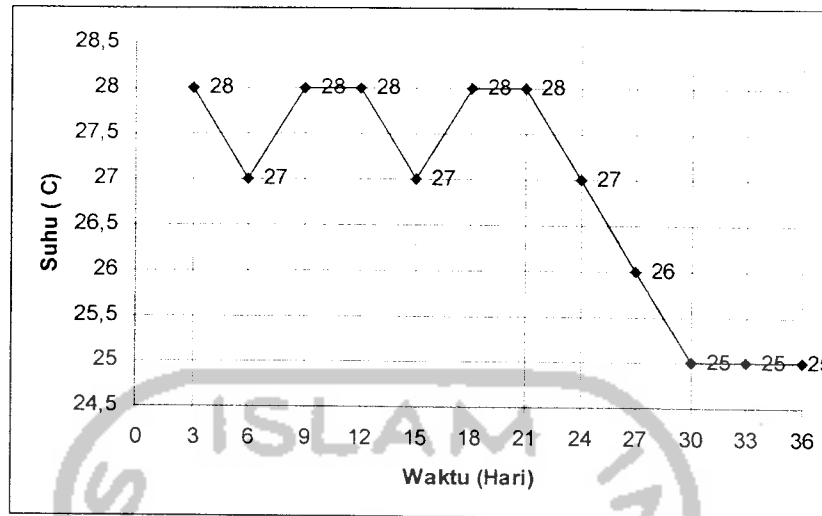
Gambar 4.7 . Pengukuran Suhu Pada reaktor Dengan Menggunakan Termometer

Tabel 4.6 Hasil Pengukuran Suhu Pada Tiap Reaktor

Tanggal	R1 100 (lumpur )	R2 100 % ( sapi )	R3 35:50:15	R4 15:50:35	R5 25:50:25
22-8-2005	28	51	55	55	54
25-8-2005	27	43	50	48	48
28-8-2005	28	35	32	31	32
31-8-2005	28	30	32	33	32
3-9-2005	27	28	32	32	32
6-9-2005	28	27	28	28	29
9-9-2005	28	25	29	29	29
12-9-2005	27	26	27	27	28
15-9-2005	26	25	28	27	29
18-9-2005	25	26	27	29	27
20-9-2005	25	26	27	27	27
22-9-2005	25	25	28	28	26

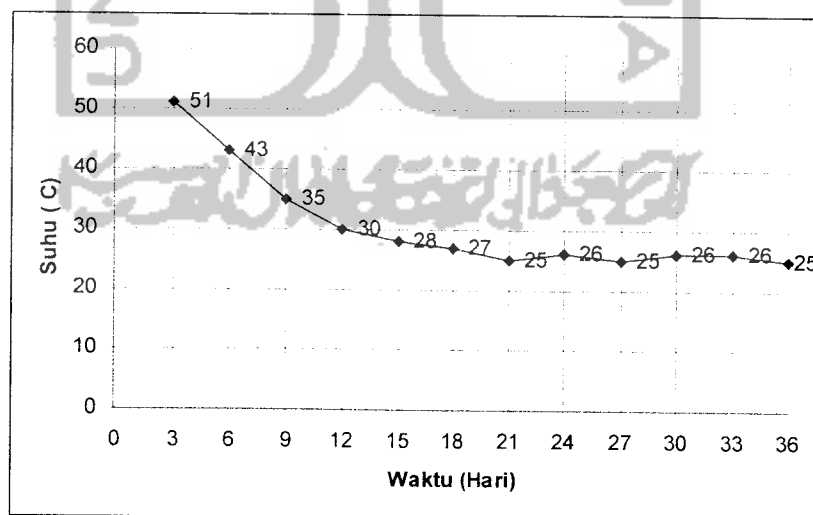
Sumber : Hasil analisa lab. kualitas air JTL UII

Grafik perubahan suhu pada tiap reaktor mulai dari hari ke-3 pengomposan sampai kompos dinyatakan matang (akhir proses) ditunjukkan pada Gambar 4.8-4.12.



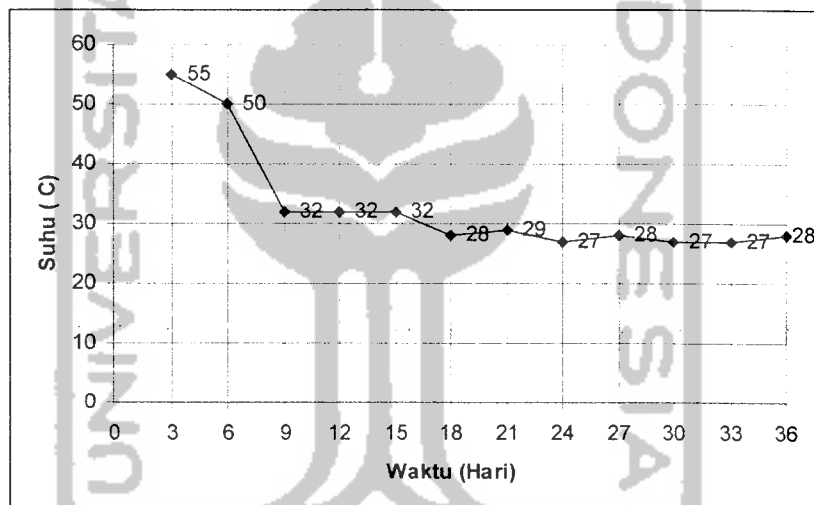
**Gambar 4.8 Grafik suhu pada reaktor 1 = 100 % Lumpur**

Pada reaktor 1 yaitu 100% lumpur, suhu sesuai dengan suhu lingkungan, hal ini menunjukkan bahwa pada reaktor ini tidak terjadi proses dekomposisi karena tidak adanya bahan organik lainnya yang menghadirkan bakteri pengurai.



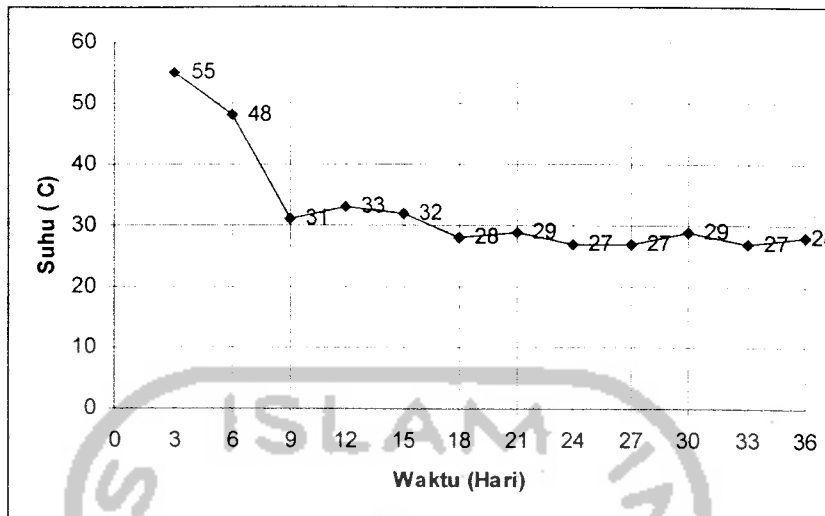
**Gambar 4.9 Grafik suhu pada reaktor 2 = 100 % Kotoran Sapi**

Pada hari ke-3, suhu pada reaktor 2 terjadi kenaikan suhu menjadi 51 °C. Namun tidak mencapai suhu optimum untuk fase *termofilik* (55-60 °C). Hal ini disebabkan tidak adanya *bulking agent* yaitu serbuk gergaji yang berfungsi sebagai isolator yang dapat menahan kalor agar tidak terlepas ke udara. Pada hari ke-9 proses dekomposisi kembali ke *fase mesofilik* dan pada hari ke-15 sampai ke-36 suhu sampai ke tingkat ambien dimana amonia dioksidasi secara biologis menjadi nitrit ( $\text{NO}_2^-$ ) dan akhirnya nitrat ( $\text{NO}_3^-$ ) juga turut berperan. (Metcalf and Eddy, 1979). Reaksinya dapat dilihat pada reaksi (4.1), (4.2), dan (4.3).



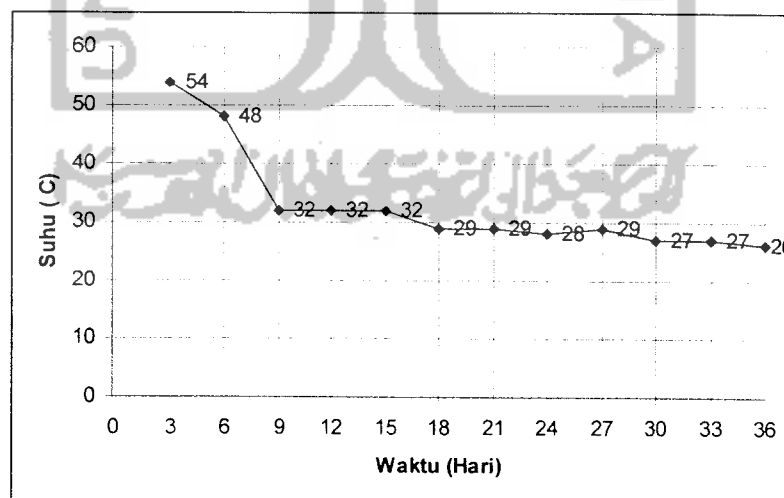
Gambar 4.10 Grafik suhu pada reaktor 3 = 35 : 50 : 15

Pada reaktor 3 suhu mencapai optimum untuk fase *termofilik* yaitu 55 °C, pada hari selanjutnya juga tidak mengalami penurunan yang drastis, hal ini karena peran serbuk gergaji sengon sebagai *bulking agent* yang berfungsi menahan kalor agar tidak terlepas ke udara dimana pada reaktor ini komposisi serbuk gergaji adalah 35%.



**Gambar 4.11** Grafik suhu pada reaktor 4 = 15 : 50 : 35

Suhu yang optimum juga dapat dicapai pada reaktor 4 namun pada hari ke-6 terjadi penurunan suhu yang cukup drastis karena serbuk gergaji sebagai bahan organik cepat terurai akibat dari komposisinya yang hanya 15%, sehingga kalor hanya dapat ditahan dalam waktu yang singkat.



**Gambar 4.12** Grafik suhu pada reaktor 5 = 25 : 50 : 25



Reaktor 5 tidak dapat mencapai suhu optimum, hal ini disebabkan karena kurangnya tinggi tumpukan, namun kondisi suhu cukup stabil. Pada awal proses pengomposan, temperatur masing-masing reaktor kompos sesuai dengan temperatur lingkungan. Pada awal proses yaitu pada tahap organisme yang terdapat pada reaktor berkembang biak, menyebabkan temperatur naik. Pada saat temperatur mencapai 30°C cendawan *mesofilik* berhenti bekerja dan aktifitas penguraian digantikan oleh cendawan *Thermofilik*.

Setelah mikroorganisme berkembang biak dan temperatur naik, pada saat itu senyawa-senyawa yang reaktif seperti gula, tepung dan lemak di uraikan. Pada saat proses penguraian bahan organik telah melewati temperatur optimal sebagian besar bahan organik telah diuraikan oleh mikroorganisme ini ditandai dengan tidak adanya bau busuk. Pada saat pendinginan, terutama setelah suhu turun kurang dari 30 °C jumlah aktivitas mikroorganisme *Thermofilik* juga berkurang, temperatur di dalam tumpukan bahan kompos menurun, dan organisme *mesofilik* yang sebelumnya bersembunyi dibagian tumpukan yang agak dingin memulai aktivitasnya kembali. Organisme *mesofilik* akan merombak selulosa dan hemiselulosa yang tersisa dari proses sebelumnya.

Ketika suhu meningkat pada fase *mesofilik*, secara umum rasio C/N mengalami kenaikan. Hal ini akibat pemakaian dari N-organik sebagai nutrisi yang digunakan mikroorganisme dalam perkembangannya, sedangkan kadar karbon organik dalam wadah mengalami penurunan. Penurunan karbon organik digunakan sebagai sumber energi dan untuk menyusun bahan seluler mikroba dengan

membebasikan CO<sub>2</sub> dan metan serta bahan yang mudah menguap lainnya merupakan tanda adanya dekomposisi bahan organik (Rao, 1989).

Masing-masing reaktor menunjukkan pada awal proses (hari pertama) mulai terjadi kenaikan suhu sampai hari ke- 3. Kenaikan suhu ini terbentuk akibat pelepasan kalor sebagai produk dekomposisi bahan organik oleh bakteri dan fungi, didukung dengan adanya penambahan material yang berfungsi sebagai isolator yang dapat menahan kalor agar tidak terlepas ke udara.

Proses awal dekomposisi, mikroba yang banyak berperan adalah *Actinomycetes* dan fungi sebagai bakteri *mesofilik* (Tchobanoglous, 1993). Bakteri ini secara alami terdapat dan mendominasi proses yang berlangsung selama tahap mesofilik.

#### 4.3.1 Pengolahan Data Nilai Suhu Dengan Metode Statistik *One Way* ANOVA

Analisis data dengan metode ANOVA ini digunakan untuk menguji apakah rata-rata nilai suhu pada semua variasi memiliki perbedaan yang signifikan. Pada Tabel 4.7 dapat dilihat ringkasan statistika dari data nilai suhu.

**Tabel 4.7** *Descriptives* untuk nilai suhu

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
1	12	26,83	1,267	,366	26,03	27,64	25	28
2	12	30,58	8,350	2,410	25,28	35,89	25	51
3	12	32,92	9,414	2,718	26,94	38,90	27	55
4	12	32,83	9,064	2,616	27,07	38,59	27	55
5	12	32,75	8,854	2,556	27,12	38,38	26	54
Total	60	31,18	8,083	1,044	29,10	33,27	25	55

**Hipotesis :**

$H_0$  : Kelima varians populasinya identik

$H_1$  : Kelima varians populasinya tidak identik

**Pengambilan keputusan :**

- Jika probabilitas  $> 0,05$  ,maka  $H_0$  diterima
- Jika probabilitas  $< 0,05$ , maka  $H_0$  ditolak

Hasil perhitungan probabilitas dengan tes homogenitas variansi dapat dilihat pada Tabel 4.8 dibawah ini :

**Tabel 4.8** Tes homogenitas variansi untuk nilai suhu

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
2,217	4	55	,079

Analisis dengan tes homogenitas variansi bertujuan untuk menguji berlaku tidaknya asumsi untuk ANOVA, yaitu apakah kelima sampel memiliki varian yang sama, sebab salah satu asumsi dasar ANOVA adalah bahwa variannya haruslah sama.

Dari Tabel 4.8 dapat terlihat bahwa *Lavene Test* hitung adalah 2,217 dengan nilai probabilitas 0,079. Oleh karena probabilitas  $> 0,05$ , maka  $H_0$  diterima, atau kelima varian adalah sama. Dibawah ini merupakan analisis data dengan metode ANOVA yang hasilnya ditunjukkan pada Tabel 4.9.

**Hipotesis :**

$H_0$  : Kelima rata-rata populasinya identik

$H_1$  : Kelima rata-rata populasinya tidak identik

**Pengambilan keputusan :**

- Jika probabilitas  $> 0,05$  ,maka  $H_0$  diterima
- Jika probabilitas  $< 0,05$ , maka  $H_0$  ditolak
- Jika F hitung  $< F$  tabel, maka  $H_0$  diterima
- Jika F hitung  $> F$  tabel, maka  $H_0$  ditolak

**Tabel 4.9** *Analysis of Variances* (ANOVA) untuk nilai suhu

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	329,567	4	82,392	1,285	,287
Within Groups	3525,417	55	64,098		
Total	3854,983	59			

Dari Tabel 4.9 dapat dilihat bahwa F hitung adalah 1,285 sedangkan F tabel adalah 2.539, karena  $F \text{ hitung} < F \text{ tabel}$  maka  $H_0$  diterima. Nilai probabilitas adalah 0,287, oleh karena probabilitas  $> 0,05$ , maka  $H_0$  diterima, atau perbedaan rata-rata nilai pH pada kelima reaktor tidak nyata, berarti variasi komposisi serbuk gergaji sengon dan kotoran sapi untuk bahan tambahan pengomposan lumpur limbah tidak terlalu mempengaruhi besarnya nilai suhu pada proses pengomposan.

Setelah diketahui bahwa tidak ada perbedaan yang nyata diantara kelima variasi, kemudian dapat ditentukan perbedaan diantara masing-masing variasi dengan tes *Post Hoc*, hasil perhitungan dengan tes *Post Hoc* dapat dilihat pada Tabel 4.10.

**Tabel 4.10** *Post Hoc Test*

## Multiple Comparisons

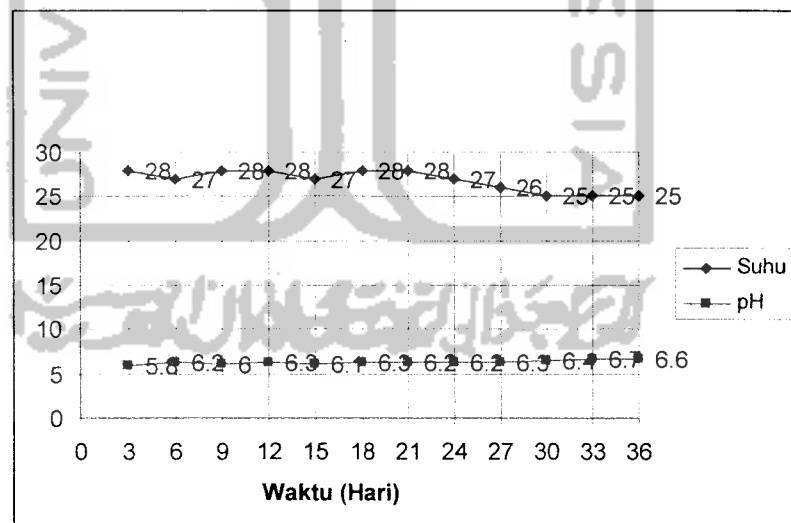
Dependent Variable: Suhu

	(I) Reaktor	(J) Reaktor	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
Tukey HSD	1	2	-3,750	3,268	,781	-12,97	5,47
		3	-6,083	3,268	,350	-15,30	3,13
		4	-6,000	3,268	,364	-15,22	3,22
		5	-5,917	3,268	,378	-15,13	3,30
	2	1	3,750	3,268	,781	-5,47	12,97
		3	-2,333	3,268	,952	-11,55	6,88
		4	-2,250	3,268	,958	-11,47	6,97
		5	-2,167	3,268	,963	-11,38	7,05
	3	1	6,083	3,268	,350	-3,13	15,30
		2	2,333	3,268	,952	-6,88	11,55
		4	,083	3,268	1,000	-9,13	9,30
		5	,167	3,268	1,000	-9,05	9,38
	4	1	6,000	3,268	,364	-3,22	15,22
		2	2,250	3,268	,958	-6,97	11,47
		3	-,083	3,268	1,000	-9,30	9,13
		5	,083	3,268	1,000	-9,13	9,30
	5	1	5,917	3,268	,378	-3,30	15,13
		2	2,167	3,268	,963	-7,05	11,38
		3	-,167	3,268	1,000	-9,38	9,05
		4	-,083	3,268	1,000	-9,30	9,13
Bonferroni	1	2	-3,750	3,268	1,000	-13,31	5,81
		3	-6,083	3,268	,681	-15,64	3,48
		4	-6,000	3,268	,718	-15,56	3,56
		5	-5,917	3,268	,757	-15,48	3,64
	2	1	3,750	3,268	1,000	-5,81	13,31
		3	-2,333	3,268	1,000	-11,89	7,23
		4	-2,250	3,268	1,000	-11,81	7,31
		5	-2,167	3,268	1,000	-11,73	7,39
	3	1	6,083	3,268	,681	-3,48	15,64
		2	2,333	3,268	1,000	-7,23	11,89
		4	,083	3,268	1,000	-9,48	9,64
		5	-,167	3,268	1,000	-9,39	9,73
	4	1	6,000	3,268	,718	-3,56	15,56
		2	2,250	3,268	1,000	-7,31	11,81
		3	-,083	3,268	1,000	-9,64	9,48
		5	,083	3,268	1,000	-9,48	9,64
	5	1	5,917	3,268	,757	-3,64	15,48
		2	2,167	3,268	1,000	-7,39	11,73
		3	-,167	3,268	1,000	-9,73	9,39
		4	-,083	3,268	1,000	-9,64	9,48

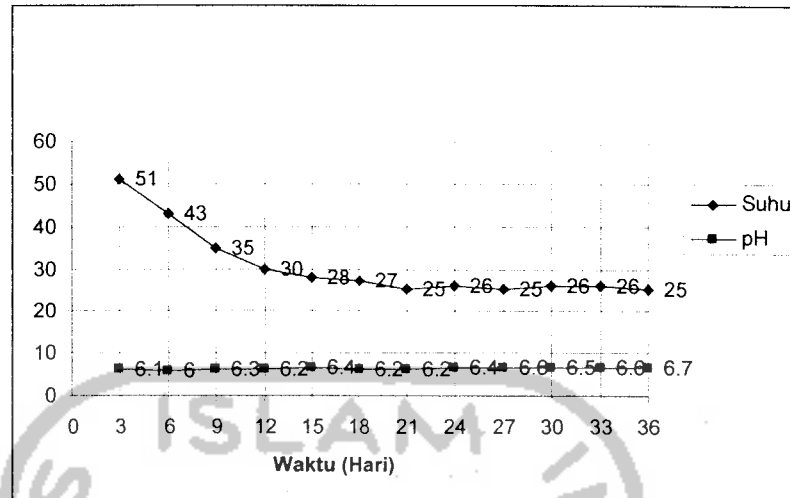
Masalah perbedaan rata-rata nilai pH pada kelima variasi bahan dibahas pada analisis Bonferroni dan Tukey dalam *Post Hoc Test*. Pada hasil uji Tukey HSD dapat dilihat bahwa diantara semua reaktor memiliki nilai probabilitas  $> 0,05$  sehingga  $H_0$  diterima, berarti rata-rata nilai suhu diantara kelima variasi identik. Pada kolom *Mean Different* tidak ada tanda “ \* “ berarti perbedaan rata-rata nilai suhu diantara kelima variasi tersebut tidak signifikan, karena apabila ada tanda tersebut berarti perbedaan signifikan.

#### 4.4. Hubungan pH dan Suhu Pada Reaktor

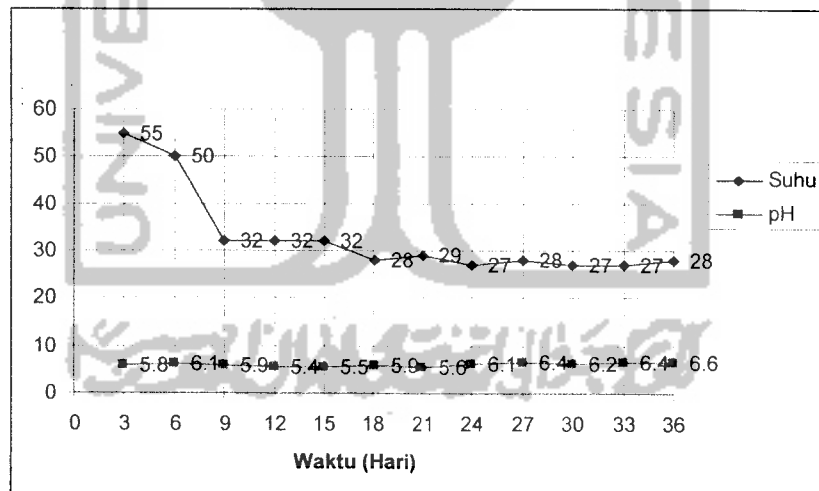
Hubungan antara pH dan suhu pada proses pengomposan di tiap reaktor ditunjukkan pada Gambar 4.13 ,4.14, 4.15, 4.16, dan 4.17 dibawah ini :



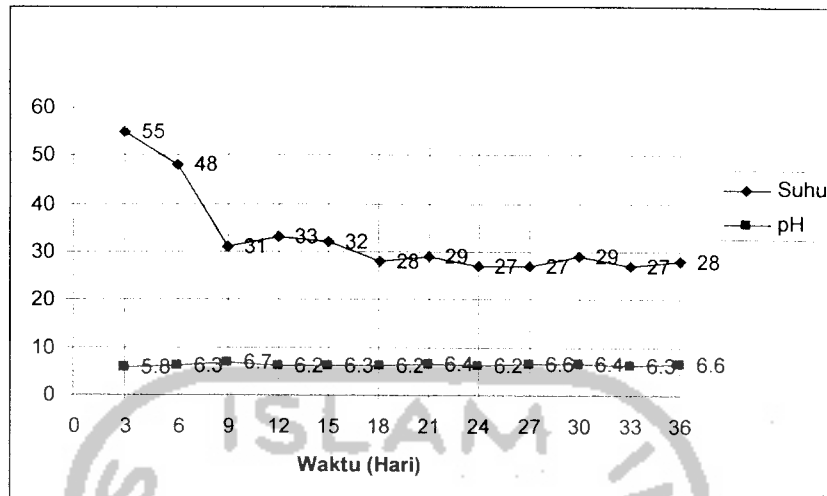
Gambar 4.13 Grafik hubungan pH dan suhu pada reaktor 1 (100% lumpur)



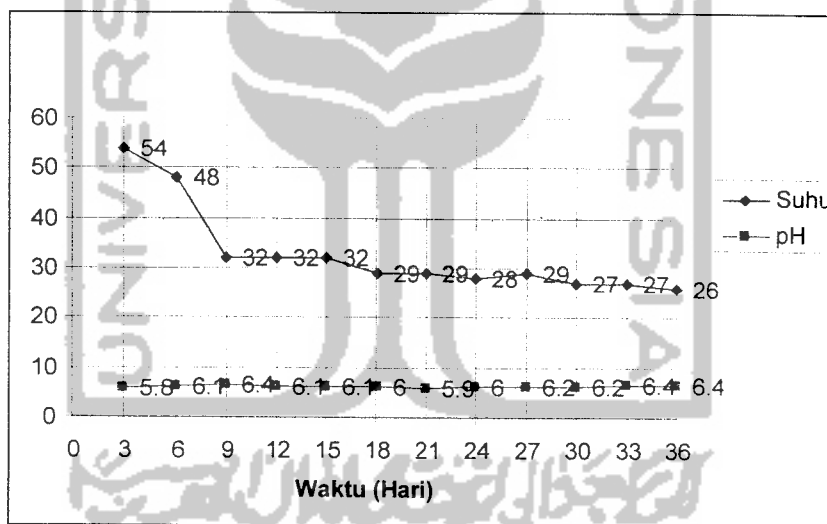
Gambar 4.14 Grafik hubungan pH dan suhu pada reaktor 2 (100% kotoran sapi)



Gambar 4.15 Grafik hubungan pH dan suhu pada reaktor 3 (35:50:15)



Gambar 4.16 Grafik hubungan pH dan suhu pada reaktor 4 (15:50:35)



Gambar 4.17 Grafik hubungan pH dan suhu pada reaktor 5 (25:50:25)

Berdasarkan Gambar 4.13, 4.14, 4.15, 4.16, dan 4.17 diatas dapat dilihat bahwa antara pH dan suhu berbanding terbalik, dimana pada saat suhu mengalami penurunan maka pH justru mengalami kenaikan, ini membuktikan bahwa pada saat



suhu naik maka pada reaktor terjadi proses dekomposisi dimana asam-asam organik dikonversikan sebagai metan dan CO<sub>2</sub> sehingga pH menjadi basa (Polprasert, 1989), lihat Reaksi (4.1). Kenaikan pH disebabkan juga oleh protein dan nitrogen organik, yang menghasilkan ammonium disertai pelepasan OH<sup>-</sup> yang dapat menaikkan pH (lihat Reaksi 4.6). (Tchobanoglous, 1993).



#### 4.5. Kualitas Kompos

Adapun hasil pengukuran awal untuk masing-masing reaktor, yaitu pengamatan pada reaktor 1 – 5 dilakukan pada saat hari pertama komposting berjalan yang meliputi, % N, % C, rasio C/N, % P, % K ditunjukkan pada Tabel 4.11 dibawah ini :

**Tabel 4.11.** Hasil Penelitian Kualitas Kompos pada Awal Pengomposan

No	Jenis	C	BO	N total	P total	K total	C/N
		%	%	%	%	%	
1	Lumpur	21,60	37,25	1,93	2,07	0,09	11,19
2	K.Sapi	16,11	27,77	1,00	1,31	0,93	16,11
3	35:50:15	25,45	43,88	1,46	1,80	0,48	17,43
4	15:50:35	23,47	40,46	1,45	1,83	0,22	16,19
5	25:50:25	29,11	50,20	1,56	1,60	0,19	18,66

Sumber : Hasil analisa laboratorium fak.Pertanian UGM

Dari hasil pengukuran pada awal pengomposan dapat diketahui bahwa lumpur pada reaktor 1 sudah dapat dikategorikan sebagai kompos, karena rasio C/N -nya sudah mendekati tanah (10-12), kandungan N dan P juga cukup tinggi namun kandungan K sangat rendah, sedangkan untuk reaktor lainnya diperlukan proses

untuk menurunkan rasio C/N. Hasil pengukuran kualitas kompos pada pertengahan proses ditunjukkan pada Tabel 4.12 dibawah ini:

**Tabel 4.12.** Hasil kualitas kompos pada pertengahan pengomposan

No	Jenis	C	BO	N total	P total	K total	C/N
		%	%	%	%	%	
1	Lumpur	22.40	38.63	2.45	1.31	0.28	9.14
2	K.Sapi	17.24	29.72	1.43	0.82	0.58	12.06
3	35:50:15	24.53	42.29	1.99	0.99	0.66	12.33
4	15:50:35	24.63	42.46	2.17	1.05	0.65	11.35
5	25:50:25	25.86	44.59	2.07	0.84	0.51	12.49

Sumber : Hasil analisa laboratorium fak.Pertanian UGM

Proses perubahan bahan organik menjadi kompos tergantung pada aktivitas mikroorganisme. Untuk aktivitasnya mikroorganisme memerlukan sumber karbon untuk mendapatkan energi dan bahan bagi sel-sel baru. Pasokan nitrogen diperlukan mikroorganisme untuk membentuk protein sel. Pada Tabel 4.12 dapat dilihat bahwa nilai rerata ratio C/N untuk reaktor 4 memiliki perbandingan C/N 11,35 berdasarkan data dari nilai perbandingan C/N, kompos tersebut dapat dinyatakan sebagai kompos matang. Namun pada reaktor 1, rasio C/N cenderung turun seiring dengan kenaikan kandungan unsur K (Kalium). Prinsip pengomposan adalah menurunkan nilai rasio C/N bahan organik mendekati rasio C/N tanah 10–12, hasil rasio C/N pengomposan yang memiliki C/N mendekati atau sama dengan tanah memungkinkan kompos tersebut dapat diserap oleh tanaman. (Murbandono, 2001 ).

Selain dilihat dari rasio  $C/N < 20$  kematangan kompos juga dapat dilihat dari beberapa pendekatan, yaitu :

1. Penurunan temperatur diakhir proses
2. Penurunan kandungan organik kompos
3. Meningkatnya nilai pH kompos
4. Berkurangnya pertumbuhan larva dan serangga diakhir proses
5. Hilangnya bau busuk
6. Adanya warna putih atau abu-abu, karena adanya pertumbuhan mikroba.

Untuk kualitas akhir kompos dapat dilihat pada Tabel 4.13 berikut ini:

**Tabel 4.13.** Hasil kualitas kompos pada akhir pengomposan

No	Jenis	C	BO	N total	P total	K total	C/N
		%	%	%	%	%	
1	Lumpur	22.52	38.84	2.63	2.21	0.70	8.56
2	K.Sapi	20.46	35.28	1.65	1.71	0.80	12.40
3	35:50:15	22.03	37.99	1.95	1.84	1.28	11.30
4	15:50:35	23.43	40.40	2.07	2.00	1.19	11.32
5	25:50:25	26.46	45.61	2.21	1.87	1.33	11.97

Sumber : Hasil analisa laboratorium fak.Pertanian UGM

Dalam pengomposan ini, untuk unsur P (phospor) pada proses pembuatan berlangsung baik, maka 50 % -60 % phospor akan berubah bentuk larut sehingga lebih mudah diserap oleh tanaman.

Nilai P terbesar pada hasil akhir kompos terdapat pada reaktor 4 dengan variasi 15 : 50 : 35 yaitu 2.00 % dan nilai P yang terkecil pada variasi 35 : 50 : 15 yaitu 1,05 % .

Pengaruh Posfor terhadap tanaman adalah sebagai berikut :

- Dapat mempercepat pertumbuhan akar semai.
- Dapat mempercepat serta memperkuat pertumbuhan tanaman muda menjadi tanaman dewasa.
- Dapat mempercepat pembungaan dan pemasakan buah, biji atau gabah.
- Dapat meningkatkan produksi biji-bijian.

Untuk unsur K (kalium) pada proses pembuatan berlangsung baik, maka sebagian besar kalium dalam bentuk terlarut sekitar 90-100 % kalium itu mudah diserap oleh tanaman (Murbandono, 2001 ).

Nilai K terbesar terdapat pada reaktor 5 dengan variasi 25 : 50 : 25 yaitu 1,33 % dan nilai K yang terkecil pada variasi 15 : 50 : 35 yaitu 1.19 %.

Pengaruh kalium terhadap tanaman adalah sebagai berikut:

- Pembentukan protein dan karbohidrat
- Mengeraskan jerami dan bagian kayu dari tanaman
- Meningkatkan resistensi tanaman terhadap penyakit
- Meningkatkan kualitas biji (buah).

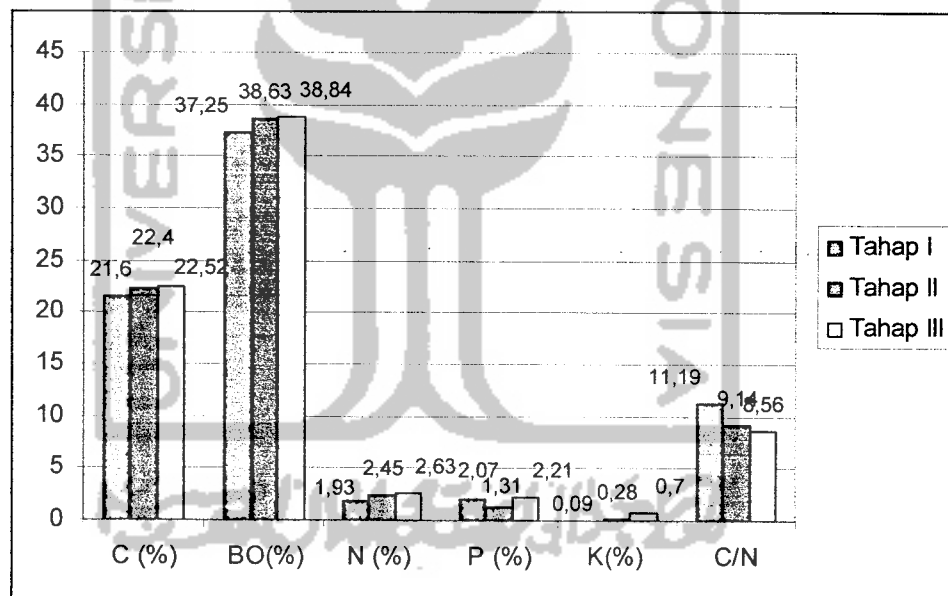
Nilai N total terbesar terdapat pada reaktor 5 dengan variasi 25 : 50 : 25 yaitu 2,21 % dan nilai N yang terkecil pada variasi 35 : 50 15 yaitu 1.95 % .

Pengaruh Nitrogen terhadap tanaman adalah sebagai berikut :

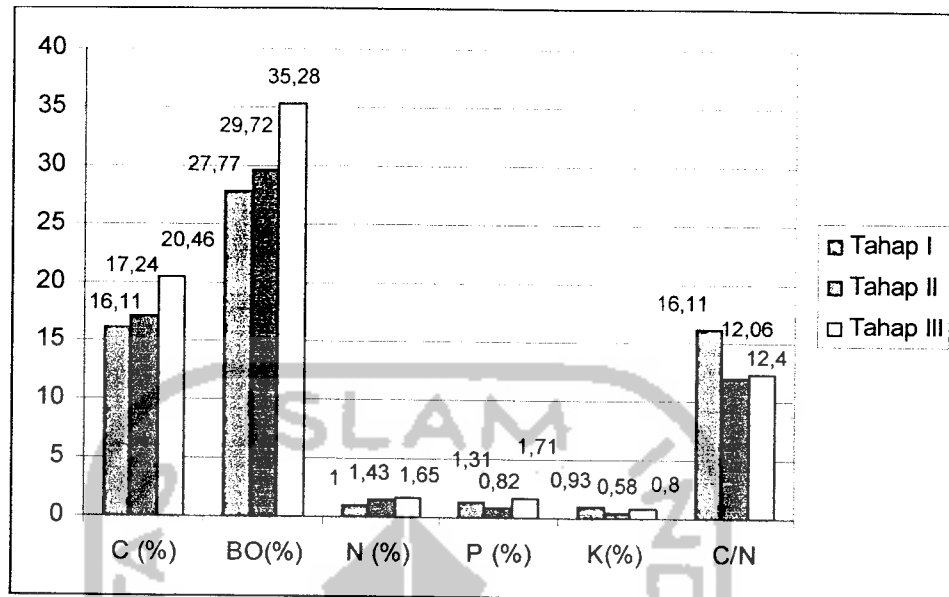
- Untuk meningkatkan pertumbuhan tanaman.

- Untuk menyehatkan pertumbuhan daun, daun tanaman lebar dengan warna yang lebih hijau, kekurangan N menyebabkan *khlorosis* (pada daun muda berwarna kuning).
- Meningkatkan kadar protein dalam tubuh tanaman.
- Meningkatkan kualitas tanaman penghasil daun.

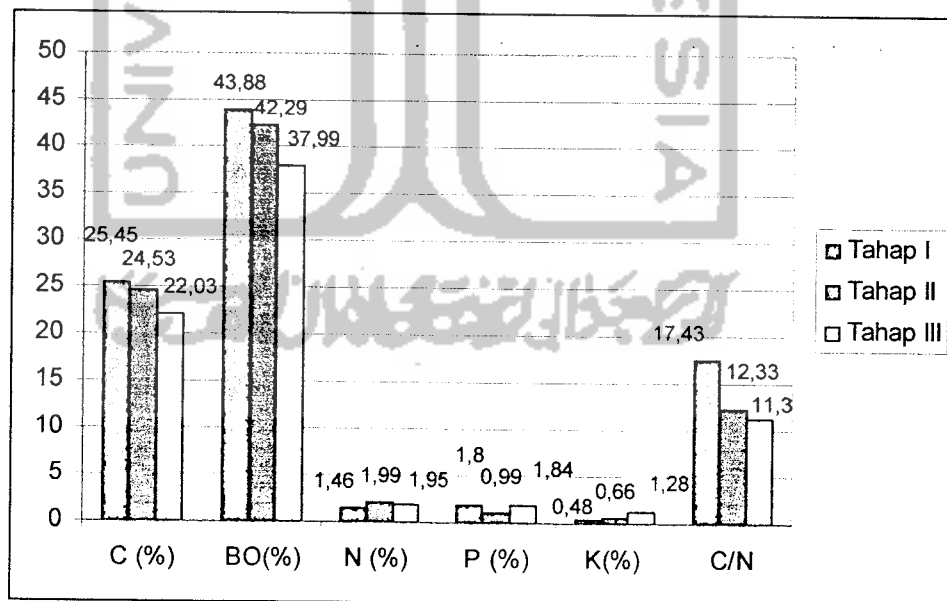
Perubahan kandungan unsur makro pada kelima variasi disetiap tahap pengukuran dapat dilihat pada Gambar 4.18-4.22 dibawah ini :



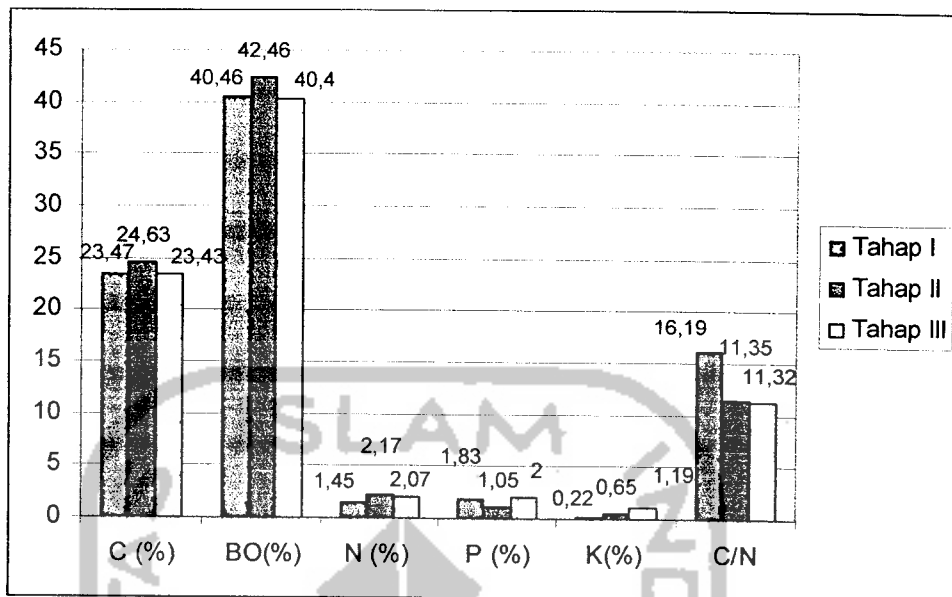
**Gambar 4.18 Diagram kualitas kompos pada Reaktor 1 (100% lumpur)**



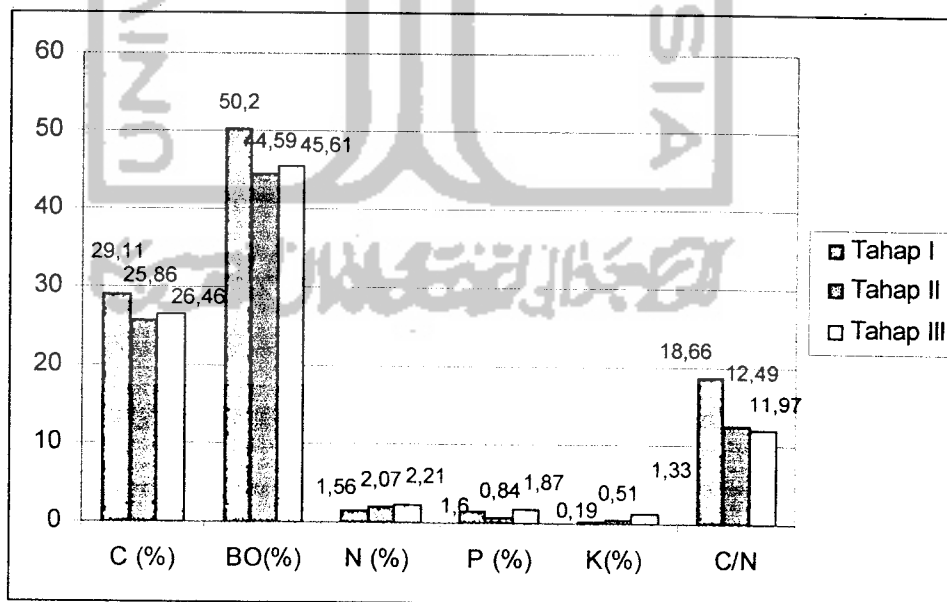
Gambar 4.19 Diagram kualitas kompos pada Reaktor 2 (100% kotoran sapi)



Gambar 4.20 Diagram kualitas kompos pada Reaktor 3 (35:50:15)



Gambar 4.21 Diagram kualitas kompos pada Reaktor 4 (15:50:35)



Gambar 4.22 Diagram kualitas kompos pada Reaktor 5 (25:50:25)

Penentuan kualitas produk akhir diamati dari pengukuran kandungan unsur makro anorganik diantara N, P, dan K. Agar kompos dapat digunakan dengan aman, sebaiknya setelah tahap pematangan kompos dijemur beberapa hari dibawah sinar matahari agar membunuh bakteri pathogen yang terkandung didalamnya. Dari keseluruhan reaktor dapat dilihat bahwa tiap variasi campuran menghasilkan kompos yang berkualitas baik dan memiliki kelebihan masing-masing. Reaktor 1 yaitu 100% lumpur memiliki kandungan N dan P yang terbesar namun rasio C/N sangat rendah yaitu 8.56 sedangkan rasio C/N yang baik untuk kompos adalah mendekati rasio C/N tanah (10-12) sehingga kompos tersebut dapat diserap tanaman (Murbandono, 2001). Reaktor 5 dengan variasi campuran 25 : 50 : 25 menghasilkan kompos dengan kandungan yang paling optimum dibandingkan dengan reaktor yang lainnya. Reaktor 5 memiliki kandungan bahan organik, C, N, P, dan K yang besar, nilai C/N juga mendekati rasio C/N tanah (lihat Tabel 4.13).

Kualitas produk yang dihasilkan memang lebih rendah dari pupuk kimia yang tersedia di toko-toko yang banyak digunakan oleh para petani, inilah yang membedakan kompos dengan pupuk buatan sehingga tidak dapat dijadikan unsur utama bagi tanaman (Anonim, 1992). Kandungan N, P dan K pada berbagai pupuk kimia dapat dilihat pada Tabel 4.14. Tetapi kompos mengandung unsur-unsur mikro yang dibutuhkan tanaman dalam jumlah seimbang yang tidak terdapat pada pupuk buatan (Murbandono, 2001) dan kompos ini telah memenuhi standar kualitas kompos menurut SNI 19-7030-2004 yang dapat dilihat pada Tabel 4.15.



**Tabel 4.14** Kandungan N, P dan K Berbagai Pupuk Kimia

Nama Pupuk	% N	% P	% K
Zwavelvure ammoniak (ZA)	20-21	-	-
Ureum	45-56	-	-
Cholisalpeter	14-16	-	-
Tripelfosfat	-	56	-
Kalkfosfat	-	25-28	-
Kalniet (kn)	-	-	14-15
Zwavelvure Kali (ZK)	-	-	48-52
Monoammonium Fosfat	10-12	50-60	-
Kalium Nitrat	20-21	-	42-45

(Setyawati, 2004)

Kompos yang dihasilkan ini sangat baik digunakan sebagai pupuk organik karena daya penambahan pupuk organik ini tanah yang ringan strukturnya dapat ditingkatkan sedang tanah yang berat menjadi ringan serta meningkatkan kapasitas ikat tanah. Disamping itu penambahan kompos pada tanah dapat mempertinggi daya ikat tanah terhadap unsur hara sehingga tidak mudah larut dalam air. Berbagai macam pupuk organik dan kandungannya yang dijual dipasaran dapat dilihat pada Tabel 4.15 berikut ini:

**Tabel 4.15** Pupuk organik yang ada dipasaran

Merk	Bahan	N (%)	P (%)	K(%)
Fine Kompos	Kotoran sapi, serbuk gergaji, abu	1,81	1,89	1,96
Sih Horti	Kotoran berbagai unggas	2,1	3,9	1,1

Mekar Asih	Kotoran ayam	4,1	6,1	2,3
Kariyana/POS	Kotoran sapi	2,10	0,26	0,16
Biotanam Plus	Media kascing	5	2	3
BOSF	Sampah pasar dan kota	0,79	0,87	1,06
Buto Ijo NPK	Kotoran Ayam	3	5	3
Bokashi Sari Bumi	Sampah rumah tangga	1,61	1,05	1,05

(Musnamar,2005)

Tujuan dari standar kualitas kompos adalah untuk perlindungan resiko lingkungan yang tidak dikehendaki dan untuk menyakinkan pengguna bahwa kompos aman untuk digunakan. Berikut ini standar kualitas kompos dari sampah organik domestik menurut SNI 19-7030-2004 ditunjukkan pada Tabel 4.16.

**Tabel 4.16** Standar Kualitas Kompos

Parameter	Satuan	Minimum	Maksimum
Temperatur	°C		Suhu air tanah
Warna			Kehitaman
Bau			Berbau tanah
pH		6.8	7.49
Bahan organik	%	27	58
Nitrogen (N)	%	0.4	-
Karbon (C)	%	9.80	32
Phospor (P)	%	0.10	-
Rasio C/N		10	20
Kalium (K)	%	0.2	-

(SNI 19-7030-2004)

Kompos sendiri memiliki kandungan unsur hara dalam jumlah yang seimbang karena merupakan hasil dekomposisi bahan-bahan organik. Apabila diinginkan peningkatan unsur N, P, K untuk pemakaian pertanian, kompos dapat dicampurkan dengan bahan kimia atau pupuk tertentu. Dibawah ini merupakan perbandingan kompos hasil penelitian dengan SNI (Standar Nasional Indonesia) dan produk kompos dipasaran ditunjukkan pada Tabel 4.17.

**Tabel 4.17** Perbandingan kompos hasil penelitian dengan SNI dan produk dipasaran

<b>Parameter</b>	<b>SNI 19-7030-2004</b>	<b>Reaktor 5 25:50:25</b>	<b>Bokashi Sari Bumi</b>
Temperatur	Suhu air tanah	Suhu air tanah	Suhu air tanah
Warna	Kehitaman	Kehitaman	Kehitaman
Bau	Berbau tanah	Berbau tanah	Berbau tanah
pH	6,8-7,49	6,4	7,2
Bahan organik	27-58 %	45,61 %	*
Nitrogen (N)	0,4 %	2,21 %	1,61 %
Karbon (C)	9,8-32 %	26,46 %	14,14 %
Phospor (P)	0,1 %	1,87 %	1,05 %
Rasio C/N	10-20	11,97	8,78
Kalium (K)	0,2 %	1,33 %	1,05 %

Keterangan : \* tidak diketahui

Dari hasil perbandingan diatas dapat dilihat bahwa kompos hasil penelitian yaitu kompos dengan hasil paling optimum pada reaktor 5 telah memenuhi standar kualitas kompos dan kandungannya lebih baik dari kompos yang dijual dipasaran.

Kompos hasil penelitian dengan variasi bahan 25:50:25 ini mempunyai kandungan hara yang tinggi dengan pH 6,4, pada reaksi tanah yang pH-nya kurang dari pH 6 maka ketersediaan unsur-unsur fosfor, kalium, belerang, kalsium, magnesium, molibdin dapat dikatakan cepat menurun (Sutejo, 2002). Rasio C/N kompos hasil penelitian telah sesuai dengan standar kualitas kompos dibandingkan dengan kompos yang dijual dipasaran, rasio C/N yang baik untuk kompos adalah mendekati rasio C/N tanah (10-12) sehingga kompos tersebut dapat diserap tanaman (Murbando, 2001).

Pemberian zat N yang banyak bagi tanaman penghasil daun (tebu, rumput-rumputan, dll) memang akan sangat menguntungkan tanaman-tanaman tersebut, akan tetapi pemberian zat N yang demikian terhadap tanaman-tanaman bukan penghasil daun seperti terhadap tanaman padi tentu akan dapat merugikan, jelasnya :

- akan banyak menghasilkan daun dan batang;
- akan tetapi batangnya itu akan lembek dan mudah rebah;
- kurang sekali menghasilkan buah/gabah;
- dapat melambatkan masakannya biji/butir-butir padi.

Didalam tanah fungsi Fosfor (P) terhadap tanaman adalah sebagai zat pembangun dan terikat dalam senyawa-senyawa organik. Bagian-bagian tubuh tanaman yang bersangkutan dengan pembiakan generatif, seperti daun-daun bunga, tangkai-tangkai sari, kepala-kepala sari, butir-butir tepung sari, daun, buah serta bakal biji ternyata mengandung P. Jadi untuk mendorong pembentukan bunga dan buah maka sangat banyak diperlukan unsur P.

Unsur kalium (K) mempunyai fungsi fisiologis yang khusus pada asimilasi arang, yang berarti apabila tanaman sama sekali tidak diberi Kalium, maka asimilasi akan terhenti. Zat Kalium bersifat mudah larut dan hanyut, selain itu mudah difiksasi dalam tanah. Dalam usaha meningkatkan hasil ternyata zat Kalium perlu diperhatikan pemberiannya di samping zat Nitrogen dan Phosphor. Pemupukan dengan Nitrogen terhadap tanaman padi bervariasi unggul yang dapat berproduksi tinggi disertai pengelolaan irigasi yang baik akan merupakan faktor utama dalam meningkatkan hasil. Terdapatnya produk ini, tentunya akan berakibat peningkatan terhadap unsur-unsur lain, terutama Kalium dan Phosphat. Zat Kalium yang tidak diberikan secara cukup, maka efisiensi N dan P akan rendah, dengan demikian maka produksi yang tinggi tidak dapat diharapkan (Sutejo, 2002).

#### 4.6 Analisis Usaha

Biaya yang dibutuhkan untuk pembuatan pupuk kompos setiap bulan dalam skala kecil dengan variasi bahan yang digunakan serbuk gergaji : lumpur limbah domestik : kotoran sapi adalah 25:50:25 dengan berat tumpukan pada masing-masing reaktor 50 Kg adalah sebagai berikut:

➤ Reaktor 10 buah @ Rp. 1.000,-	Rp.	10.000,-
➤ Serbuk gergaji 125 Kg	Rp.	125.000,-
➤ Lumpur limbah domestik 250 Kg	Rp.	-
➤ Kotoran sapi 125 Kg	Rp.	62.500,-
➤ Gaji tenaga kerja (1 orang)	Rp.	120.000,- +
Total	Rp.	307.500,-

Bahan yang digunakan adalah 500 Kg, terjadi penyusutan bahan 10 % selama proses pengomposan maka kompos yang dihasilkan adalah 450 Kg. Berdasarkan rincian biaya yang dibutuhkan untuk pembuatan kompos maka dapat ditentukan harga ekonomis/harga jual kompos hasil penelitian ini untuk dipasarkan yaitu:

➤ Harga kompos 450 Kg	Rp. 307.500,-	
➤ Laba 10 %	Rp. 30.750,-	+
	<hr/>	
Total harga	Rp. 338.250,-	

Maka harga jual kompos adalah sebesar Rp.750,- / Kg. Harga jual kompos ini lebih murah dibandingkan harga Bokashi Sari Bumi yaitu Rp. 1.250,- / Kg. Kompos hasil penelitian ini merupakan kompos yang berkualitas baik dengan harga yang murah.

