

BAB V

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

5.1 Hasil Penelitian

Setelah melalui serangkaian pengujian didapatkan hasil antara lain beban maksimum untuk desak dan lentur, perubahan pada berat benda uji, volume, kuat tarik baja tulangan serta fisik beton untuk beton yang telah mengalami pembakaran maupun yang tidak. Data yang didapatkan dari pengujian tersebut ditampilkan pada tabulasi. Tabel 5.1 di bawah ini merupakan hasil pengukuran dan pengujian balok yang dibakar pada suhu 200°C dan 300°C dengan variasi waktu pembakaran 1, 2 dan 3 jam.

Tabel 5.1. Hasil Pengujian Lentur

NO	KODE	WAKTU BAKAR	SUHU °C	BERAT (kg)		VOLUME (cm ³)		BJ		P Maks (Kg)
				AWAL	AKHIR	AWAL	AKHIR	AWAL	AKHIR	
1	1L	-	-	76,36	76,36	30379,78	30379,78	2,51	2,51	7450,00
2	1L	-	-	77,01	77,01	30945,72	30945,72	2,49	2,49	7900,00
3	1L	-	-	76,93	76,93	30150,19	30150,19	2,55	2,55	7550,00
RATA-RATA				76,77	76,77	30491,89	30491,89	2,52	2,52	7633,33
PERUBAHAN (%)				0,00		0,00		0,00		
1	3LA1	1 JAM	200	75,89	74,53	30492,14	30485,13	2,49	2,44	7750,00
2	3LA2	1 JAM	200	76,75	75,37	30325,12	30321,18	2,53	2,49	7300,00
3	3LA3	1 JAM	200	78,12	76,71	30321,86	30320,95	2,58	2,53	7600,00
RATA-RATA				76,92	75,54	30379,71	30375,76	2,53	2,49	7550,00
PERUBAHAN (%)				-1,80		-0,01		-1,79		
1	3LB1	2 JAM	200	76,18	74,27	30971,85	30964,11	2,46	2,40	7650,00
2	3LB2	2 JAM	200	76,50	74,58	30900,09	30895,45	2,48	2,41	7300,00
3	3LB3	2 JAM	200	77,76	75,81	30964,99	30963,44	2,51	2,45	7550,00

Lanjutan Tabel 5.1

RATA-RATA				76,81	74,89	30945,64	30941,00	2,48	2,42	7500,00
PERUBAHAN (%)				-2,51		-0,01		-2,49		
1	3LC1	3 JAM	200	76,83	74,53	30309,39	30301,99	2,53	2,46	7250,00
2	3LC2	3 JAM	200	77,25	74,93	29813,14	29808,84	2,59	2,51	7650,00
3	3LC3	3 JAM	200	77,23	75,91	30333,84	30332,50	2,55	2,50	7350,00
RATA-RATA				77,10	75,12	30152,12	30147,78	2,56	2,49	7416,67
PERUBAHAN (%)				-2,57		-0,01		-2,56		
1	4LA1	1 JAM	300	77,46	75,12	30764,55	30754,38	2,52	2,44	7300,00
2	4LA2	1 JAM	300	76,50	74,19	30476,05	30469,01	2,51	2,44	7650,00
3	4LA3	1 JAM	300	76,19	73,89	30232,40	30228,45	2,52	2,44	7600,00
RATA-RATA				76,72	74,40	30491,00	30483,96	2,52	2,44	7516,67
PERUBAHAN (%)				-3,02		-0,02		-3,00		
1	4LB1	2 JAM	300	76,00	73,10	30561,72	30549,20	2,49	2,39	7050,00
2	4LB2	2 JAM	300	77,25	74,30	30384,75	30375,33	2,54	2,45	7650,00
3	4LB3	2 JAM	300	77,11	74,17	30556,43	30550,02	2,52	2,43	7300,00
RATA-RATA				76,78	73,86	30500,97	30491,52	2,52	2,42	7333,33
PERUBAHAN (%)				-3,81		-0,03		-3,78		
1	4LC1	3 JAM	300	76,44	73,07	30457,20	30445,64	2,51	2,40	7200,00
2	4LC2	3 JAM	300	77,45	74,03	30327,51	30319,03	2,55	2,44	6950,00
3	4LC3	3 JAM	300	77,17	73,77	30488,97	30483,49	2,53	2,42	7400,00
RATA-RATA				77,02	73,62	30424,56	30416,05	2,53	2,42	7183,33
PERUBAHAN (%)				-4,41		-0,03		-4,39		

Hasil pengukuran dan pengujian desak yang dilakukan pada silinder setelah dibakar pada suhu 100°C, 200°C, 300°C dan 400°C selama 1, 2 dan 3 jam dapat dibaca pada tabel 5.2.

Tabel 5.2 Hasil Pengujian Desak

NO	KODE	WAKTU BAKAR	SUHU (°C)	BERAT (kg)		VOLUME (cm ³)		BJ (T/m ³)		P MAKS (KN)	TEG. DESAK (kg/cm ²)
				AWAL	AKHIR	AWAL	AKHIR	AWAL	AKHIR		
1	1D	-	-	13,25	13,25	5480,708	5480,708	2,42	2,42	825,00	464,63
2	1D	-	-	13,30	13,30	5398,919	5398,919	2,46	2,46	815,00	459,97
3	1D	-	-	13,29	13,29	5459,539	5459,539	2,43	2,43	815,00	459,60
RATA-RATA				13,28	13,28	5446,389	5446,389	2,44	2,44	818,33	461,40
PERUBAHAN (%)				0		0		0,00			
1	2DA1	1 JAM	100	13,05	12,91	5374,476	5374,580	2,43	2,40	820,00	465,25
2	2DA2	1 JAM	100	13,00	12,86	5408,669	5409,314	2,40	2,38	780,00	440,85
3	2DA3	1 JAM	100	12,97	12,84	5368,995	5370,172	2,42	2,39	825,00	471,46
RATA-RATA				13,01	12,87	5384,046	5384,689	2,42	2,39	808,33	459,19
PERUBAHAN (%)				-1,05		0,012		-1,06			
1	2DB1	2 JAM	100	12,77	12,54	5211,995	5212,576	2,45	2,41	745,00	435,85
2	2DB2	2 JAM	100	13,33	13,09	5438,636	5439,786	2,45	2,41	840,00	473,39
3	2DB3	2 JAM	100	13,48	13,25	5466,428	5468,130	2,47	2,42	815,00	459,64
RATA-RATA				13,19	12,96	5372,353	5373,489	2,46	2,41	800,00	456,29
PERUBAHAN (%)				-1,74		0,021		-1,77			

Lanjutan Tabel 5.2

1	2DC1	3 JAM	100	12,87	12,62	5337,321	5335,701	2,41	2,37	765,00	436,86
2	2DC2	3 JAM	100	13,11	12,85	5410,072	5408,972	2,42	2,38	795,00	449,46
3	2DC3	3 JAM	100	13,11	12,86	5395,795	5395,237	2,43	2,38	830,00	472,22
RATA-RATA				13,03	12,78	5381,063	5379,968	2,42	2,37	796,67	452,85
PERUBAHAN (%)				-1,91		-0,020		-1,89			
1	3DA1	1 JAM	200	13,23	12,88	5368,662	5365,549	2,46	2,40	785,00	444,69
2	3DA2	1 JAM	200	12,76	12,42	5290,229	5287,690	2,41	2,35	795,00	464,02
3	3DA3	1 JAM	200	13,40	13,06	5422,253	5420,193	2,47	2,41	820,00	462,30
RATA-RATA				13,13	12,79	5360,381	5357,809	2,45	2,39	800,00	457,00
PERUBAHAN (%)				-2,60		-0,048		-2,55			
1	3DB1	2 JAM	200	13,00	12,55	5319,953	5316,569	2,44	2,36	775,00	444,48
2	3DB2	2 JAM	200	13,08	12,67	5379,416	5376,532	2,43	2,36	790,00	449,10
3	3DB3	2 JAM	200	13,33	12,87	5450,978	5448,601	2,45	2,36	825,00	464,48
RATA-RATA				13,14	12,69	5383,449	5380,563	2,44	2,36	796,67	452,69
PERUBAHAN (%)				-3,37		-0,054		-3,31			
1	3DC1	3 JAM	200	13,13	12,63	5451,039	5447,657	2,41	2,32	725,00	408,57
2	3DC2	3 JAM	200	12,46	11,98	5193,255	5190,552	2,40	2,31	780,00	458,95
3	3DC3	3 JAM	200	13,37	12,86	5472,688	5470,387	2,44	2,35	825,00	464,62
RATA-RATA				12,98	12,49	5372,328	5369,532	2,42	2,33	776,67	444,05
PERUBAHAN (%)				-3,79		-0,052		-3,74			
1	4DA1	1 JAM	300	13,11	12,59	5449,612	5441,223	2,41	2,31	825,00	465,13
2	4DA2	1 JAM	300	13,30	12,77	5458,689	5450,831	2,44	2,34	745,00	420,48
3	4DA3	1 JAM	300	12,78	12,27	5361,678	5354,496	2,38	2,29	790,00	451,73
RATA-RATA				13,07	12,54	5423,327	5415,520	2,41	2,32	786,67	445,78
PERUBAHAN (%)				-4,00		-0,144		-3,86			
1	4DB1	2 JAM	300	12,87	12,26	5355,755	5346,213	2,40	2,29	810,00	461,58
2	4DB2	2 JAM	300	12,91	12,30	5382,885	5373,834	2,40	2,29	725,00	412,05
3	4DB3	2 JAM	300	12,87	12,25	5347,884	5339,426	2,41	2,29	740,00	424,19
RATA-RATA				12,88	12,27	5362,175	5353,158	2,40	2,29	758,33	432,60
PERUBAHAN (%)				-4,78		-0,168		-4,62			
1	4DC1	3 JAM	300	13,01	12,36	5401,630	5392,105	2,41	2,29	745,00	423,69
2	4DC2	3 JAM	300	12,77	12,12	5364,090	5355,167	2,38	2,26	705,00	402,06
3	4DC3	3 JAM	300	12,94	12,28	5448,515	5439,997	2,37	2,26	775,00	437,19
RATA-RATA				12,91	12,25	5404,745	5395,755	2,39	2,27	741,67	420,98
PERUBAHAN (%)				-5,05		-0,166		-4,89			
1	5DA1	1 JAM	400	13,01	12,23	5351,755	5339,640	2,43	2,29	805,00	462,65
2	5DA2	1 JAM	400	12,73	12,31	5345,731	5334,164	2,38	2,31	765,00	437,61
3	5DA3	1 JAM	400	13,04	12,24	5384,968	5373,854	2,42	2,28	775,00	441,27
RATA-RATA				12,93	12,26	5360,818	5349,218	2,41	2,29	781,67	447,18
PERUBAHAN (%)				-5,15		-0,216		-4,95			
1	5DB1	2 JAM	400	13,12	12,35	5386,867	5371,799	2,43	2,30	710,00	403,05
2	5DB2	2 JAM	400	13,10	12,28	5371,537	5357,049	2,44	2,29	780,00	444,13
3	5DB3	2 JAM	400	13,16	12,39	5390,885	5376,884	2,44	2,31	760,00	432,47
RATA-RATA				13,13	12,34	5383,096	5368,577	2,44	2,30	750,00	426,55
PERUBAHAN (%)				-5,96		-0,270		-5,71			

Lanjutan Tabel 5.2

1	5DC1	3 JAM	400	12,81	11,99	5331,779	5318,218	2,40	2,26	740,00	424,43
2	5DC2	3 JAM	400	13,13	12,29	5404,270	5391,065	2,43	2,28	720,00	407,20
3	5DC3	3 JAM	400	12,93	12,10	5426,890	5414,172	2,38	2,24	740,00	418,28
RATA-RATA				12,96	12,13	5387,646	5374,482	2,40	2,26	733,33	416,64
PERUBAHAN (%)				-6,38		-0,244		-6,15			

Tabel di atas menunjukkan kuat desak rata-rata (f'_{cr}) yang harus dikurangi dengan 82,8. Angka ini didapatkan dari ketentuan *ACI* murni (Tabel 2.1) sehingga rumus untuk menghitung kuat tekan karakteristik menjadi :

$$f'_c = f'_{cr} - 82,8$$

Untuk lebih jelasnya hasil pengurangan tersebut dapat dilihat pada tabel 5.3 berikut ini.

Tabel 5.3 Data Kuat Desak Karakteristik dengan $S_d = 82,8$

No	Suhu (°C)	Waktu Pembakaran (Jam)	f'_{cr} (MPa)	f'_c (MPa)
1	-	-	46,140	37,860
2	100	1	45,919	37,639
3	100	2	45,629	37,349
4	100	3	45,285	37,005
5	200	1	45,700	37,420
6	200	2	45,269	36,989
7	200	3	44,405	36,125
8	300	1	45,146	36,866
9	300	2	44,113	35,833
10	300	3	42,958	34,678
11	400	1	44,718	36,438
12	400	2	42,655	34,375
13	400	3	41,664	33,384

Untuk mengetahui kuat tarik baja tulangan yang akan dipakai pada penelitian ini dilakukan pengujian awal yang hasil dapat dilihat pada tabel berikut ini.

Tabel 5.4 Hasil Pengujian Tarik Baja Sebelum Pembebanan

NO	DIAMETER (mm)	LUAS (cm ²)	LULUH (kg)		MAKS (kg)	PATAH (kg)	TEG. TARIK (kg/cm ²)
			AWAL	AKHIR			
1	10,072	0,7963	2610	2730	3760	2800	3277,4752
2	10,086	0,7985	2615	2800	3780	2800	3274,8389
3	10,052	0,7932	2505	2680	3780	2850	3158,2783
4	10,075	0,7967	2580	2690	3720	2800	3238,1954
5	10,059	0,7942	2595	2700	3750	3200	3267,3272
6	10,064	0,7951	2555	2660	3740	2800	3213,5125
7	10,062	0,7948	2595	2710	3730	2850	3265,1195
8	10,083	0,7981	2530	2640	3740	2900	3170,0881
RATA-RATA			2573,125	2701,25	3750	2875	3233,1044

Sedangkan nilai kuat tarik baja pasca pembakaran dan pembebanan dapat dilihat pada tabel 5.5.

Tabel 5.5 Hasil Pengujian Tarik Baja Setelah Pembakaran dan Pembebanan

NO	WAKTU BAKAR	SUHU °C	DIAMETER (mm)	LUAS (cm ²)	LULUH (kg)		MAKS (kg)	PATAH (kg)	TEG. TARIK (kg/cm ²)
					AWAL	AKHIR			
1	-	-	10,060	0,7949	2245	2420	3730	2810	2824,3319
	-	-	10,042	0,7920	2320	2440	3750	2800	2929,4131
	-	-	10,020	0,7885	2200	2305	3780	2820	2790,0133
	-	-	10,047	0,7928	2335	2470	3730	2960	2945,2968
	-	-	10,026	0,7894	2215	2390	3720	2980	2805,8977
	-	-	10,030	0,7901	2300	2475	3750	2810	2910,9790
RATA-RATA					2269	2417	3743	2863	2867,6553
2	1 JAM	200	10,033	0,7907	2220	2395	3770	2870	2807,7855
	1 JAM	200	10,059	0,7947	2315	2490	3780	2890	2912,8667
	1 JAM	200	10,038	0,7914	2195	2370	3750	2820	2773,4669
	1 JAM	200	10,043	0,7921	2320	2455	3690	2840	2928,7504
	1 JAM	200	10,032	0,7905	2205	2325	3720	2890	2789,3513
	1 JAM	200	10,026	0,7894	2285	2405	3740	2880	2894,4326
RATA-RATA					2257	2407	3742	2865	2851,1089
3	2 JAM	200	10,042	0,7920	2210	2285	3730	2770	2790,2642
	2 JAM	200	10,068	0,7961	2305	2480	3750	2870	2895,3454
	2 JAM	200	10,013	0,7874	2170	2345	3760	2860	2755,9456
	2 JAM	200	10,062	0,7952	2315	2450	3690	2810	2911,2291
	2 JAM	200	10,018	0,7883	2185	2305	3760	2950	2771,8300
	2 JAM	200	10,056	0,7943	2285	2360	3750	2950	2876,9113
RATA-RATA					2245	2371	3740	2868	2833,5876
4	3 JAM	200	10,045	0,7925	2200	2370	3770	2980	2776,0406
	3 JAM	200	10,071	0,7966	2295	2415	3750	2920	2881,1218
	3 JAM	200	10,027	0,7896	2165	2240	3750	2820	2741,7220
	3 JAM	200	10,043	0,7922	2295	2420	3730	2810	2897,0055
	3 JAM	200	10,010	0,7869	2170	2345	3720	2850	2757,6064
	3 JAM	200	10,026	0,7895	2260	2430	3710	2770	2862,6877
RATA-RATA					2231	2370	3738	2858	2819,3640

Lanjutan Tabel 5.5

5	1 JAM	300	10,048	0,7930	2220	2355	3710	2840	2799,5840
	1 JAM	300	10,030	0,7902	2295	2430	3750	2830	2904,6652
	1 JAM	300	10,018	0,7882	2180	2355	3760	2820	2765,2654
	1 JAM	300	10,035	0,7909	2310	2430	3730	2910	2920,5489
	1 JAM	300	10,059	0,7946	2210	2330	3750	2880	2781,1498
	1 JAM	300	10,040	0,7917	2285	2460	3740	2860	2886,2311
RATA-RATA					2250	2393	3740	2857	2842,9074
6	2 JAM	300	10,046	0,7927	2200	2335	3770	2810	2775,6391
	2 JAM	300	10,028	0,7897	2275	2350	3790	2870	2880,7203
	2 JAM	300	10,051	0,7934	2175	2295	3750	2820	2741,3205
	2 JAM	300	10,022	0,7889	2285	2405	3650	2840	2896,6040
	2 JAM	300	10,022	0,7888	2175	2350	3720	2950	2757,2049
	2 JAM	300	10,027	0,7896	2260	2435	3750	2850	2862,2862
RATA-RATA					2228	2362	3738	2857	2818,9625
7	3 JAM	300	10,042	0,7921	2180	2355	3770	2860	2752,2964
	3 JAM	300	10,046	0,7927	2265	2400	3780	2770	2857,3776
	3 JAM	300	10,047	0,7929	2155	2330	3750	2850	2717,9778
	3 JAM	300	10,007	0,7866	2260	2335	3650	2810	2873,2613
	3 JAM	300	10,030	0,7902	2160	2280	3720	2960	2733,8622
	3 JAM	300	10,001	0,7855	2230	2405	3750	2890	2838,9435
RATA-RATA					2208	2351	3737	2857	2795,6198

Selain perubahan kekuatan yang diketahui dari hasil pengujian desak, lentur dan tarik, juga terjadi perubahan fisik beton yang dapat diamati secara langsung. Perubahan fisik yang diamati dan dicatat pada penelitian ini meliputi perubahan warna dan retak-retak akibat pembakaran pada suhu 100°C, 200°C, 300°C dan 400°C. Hasil pengamatan dapat dilihat pada tabel berikut ini.



Tabel 5.6 Perubahan Fisik Beton

No	Suhu °C	Waktu Pembakaran (Jam)	Perubahan Fisik	
			Warna	Retak
1	-	-	Abu-abu kehijauan	Tanpa retak
2	100	1	Abu-abu muda kehijauan	Tanpa retak
3	100	2	Abu-abu muda kehijauan	Tanpa retak
4	100	3	Abu-abu muda kehijauan	Tanpa retak
5	200	1	Abu-abu muda kehijauan	Retak rambut sedikit sekali
6	200	2	Abu-abu muda kehijauan	Retak rambut sedikit sekali
7	200	3	Abu-abu muda kehijauan	Retak rambut sedikit
8	300	1	Abu-abu muda kehijauan	Retak rambut sedikit
9	300	2	Abu-abu muda kehijauan	Retak rambut sedikit
10	300	3	Abu-abu muda keputihan	Retak rambut sedikit
11	400	1	Abu-abu muda kehijauan	Retak rambut sedikit
12	400	2	Abu-abu muda hijau keputihan	Retak rambut agak banyak
13	400	3	Abu-abu muda hijau keputihan	Retak rambut agak banyak

5.2 Pembahasan

5.2.1 Keadaan Fisik Beton

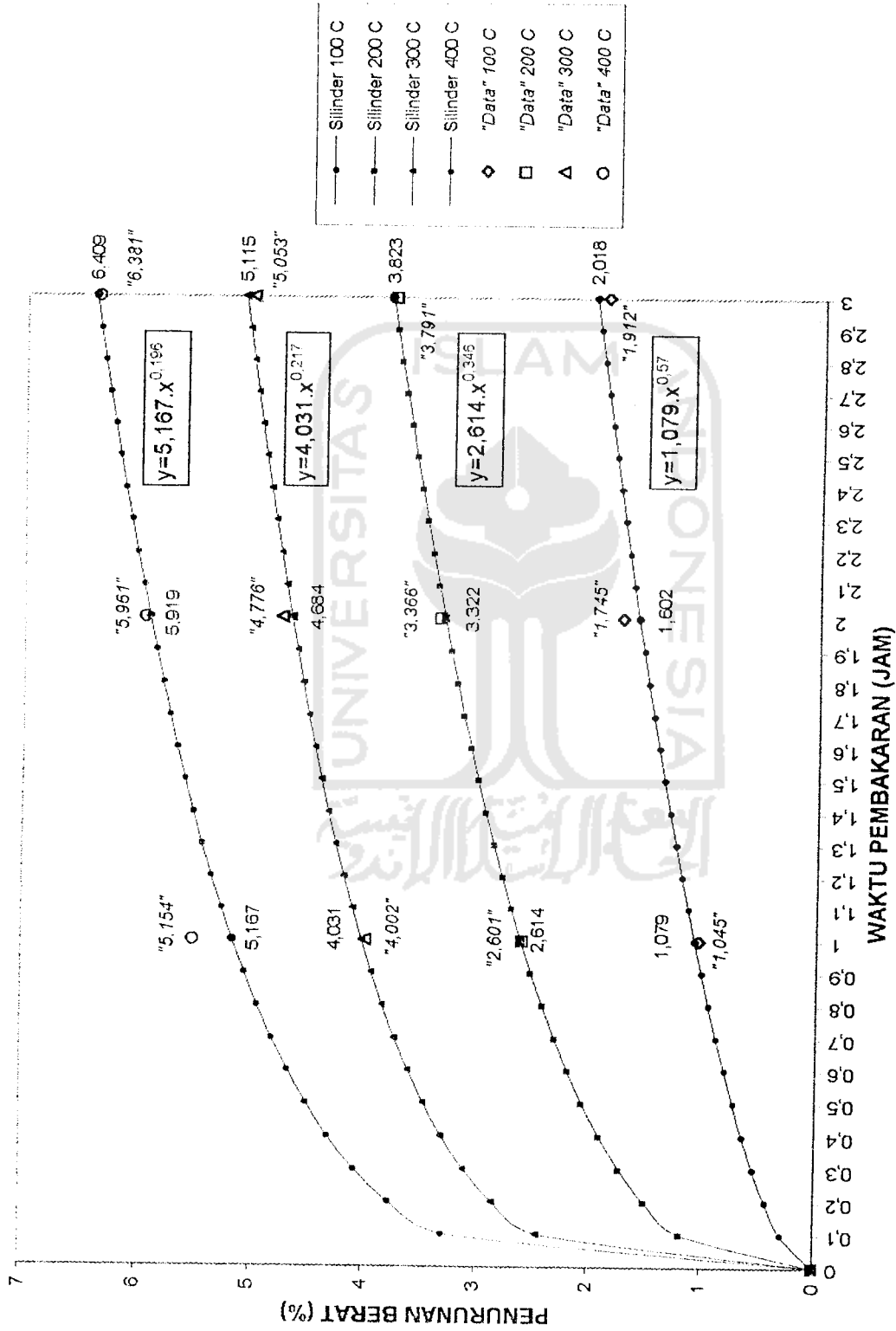
Keadaan fisik beton yang terkena suhu tinggi akan mengalami perubahan akibat pengaruh sifat bahan-bahan penyusun beton yang mengalami perubahan. Pada penelitian ini yang dapat diamati secara langsung adalah perubahan warna dan terjadi retak-retak pada permukaan beton. Pada kondisi normal (sebelum dibakar) beton

berwarna abu-abu kehijauan. Setelah dibakar pada suhu 100°C, 200°C dan 300°C selama 1, 2 dan 3 jam warna berubah menjadi lebih muda dari warna asal demikian pula pada suhu 400°C selama 1 jam. Sedang untuk beton pada suhu 400°C, setelah mengalami pembakaran selama 2 dan 3 jam warna beton berubah menjadi abu-abu muda hijau keputihan. Perubahan warna dari abu-abu kehijauan menjadi abu-abu muda kehijauan dan abu-abu hijau keputihan ini disebabkan oleh terhidrasi Kalsium Hidroksida pada pasta semen. Setelah beton dibakar, tidak terjadi keretakan pada suhu 100°C. Keretakan baru terjadi setelah dibakar pada suhu 200°C dan 300°C. Selama 1, 2 dan 3 jam. Keretakan tersebut terlihat menyerupai retak-retak rambut dan terjadi hampir di seluruh permukaan yang terkena panas langsung. Hal demikian juga terjadi pada suhu 400°C selama 1 jam pembakaran. Meskipun perubahan relatif kecil sekali, retak-retak ini semakin bertambah banyak dan bertambah lebar seiring dengan peningkatan variasi waktu dan suhu. Retak-retak juga terjadi pada beton yang dibakar pada suhu 400°C selama 2 dan 3 jam. Meskipun demikian lebar retak-retak pada suhu dan waktu tersebut lebih besar bila dibandingkan dengan retak-retak beton yang dibakar pada suhu 100°C, 200°C dan 300°C, selama 1, 2 dan 3 jam, serta 400°C selama 1 jam. Retak-retak ini bisa disebabkan oleh perbedaan koefisien muai panas pasta semen dan agregat, tekanan uap panas pada pori-pori beton dan kehilangan air yang menyebabkan penyusutan pasta semen sementara agregat memuai.

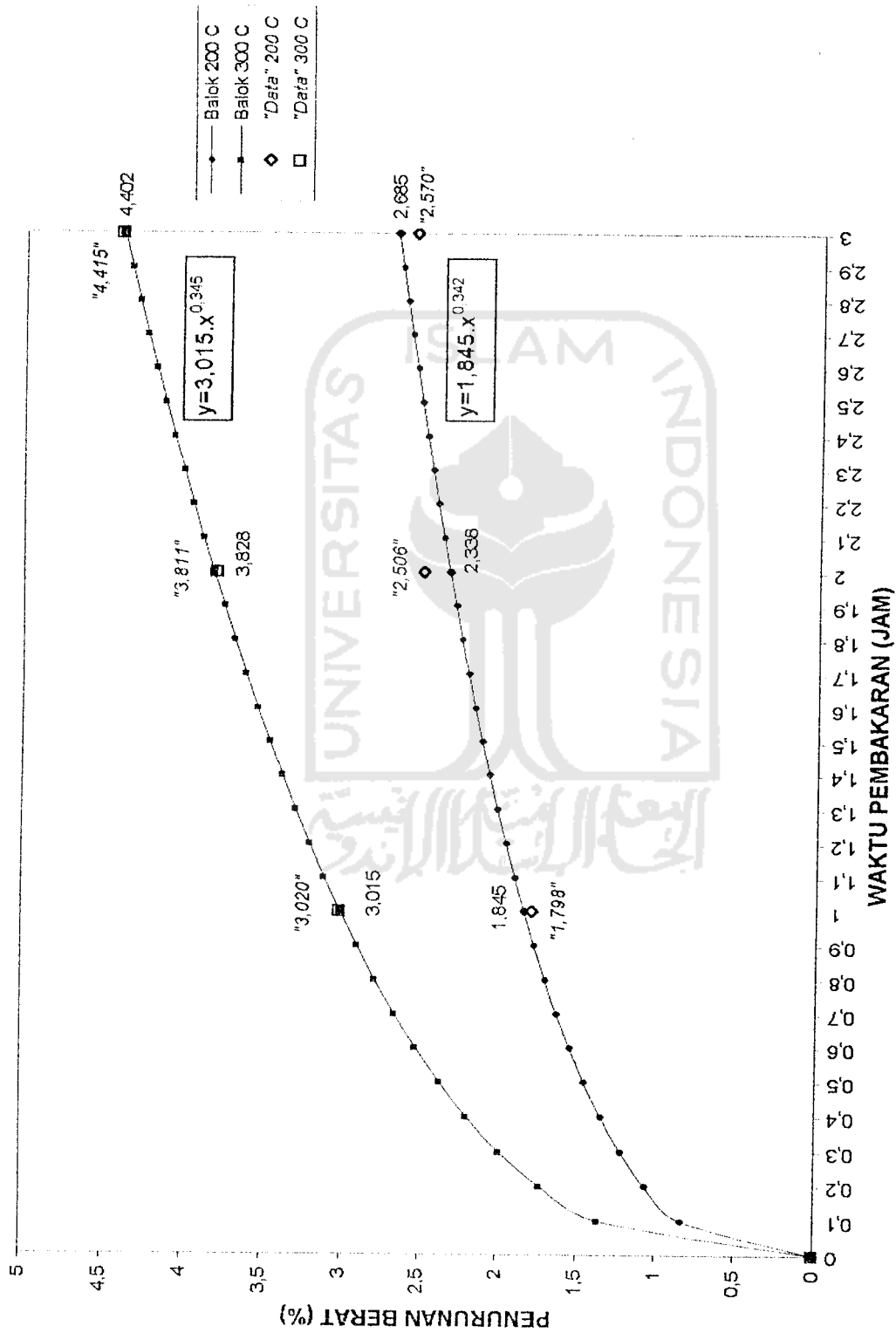
5.2.2 Perubahan Berat, Volume dan Berat Jenis Beton

Parameter lain yang berubah setelah pembakaran adalah berat dan volume benda uji. Perubahan tersebut akan berpengaruh terhadap perubahan berat jenis benda

uji, karena berat jenis merupakan perbandingan berat terhadap volume suatu benda. Dari pengukuran didapatkan terjadi penurunan berat benda uji. Penurunan berat ini akan semakin besar seiring dengan pertambahan suhu dan waktu pembakaran. Pada silinder yang dibakar pada suhu 100°C selama 1, 2 dan 3 jam penurunan berat yang terjadi berturut-turut adalah 1,0791 %, 1,6017 % dan 2,0181 %. Untuk silinder yang dibakar pada suhu 200°C selama 1, 2 dan 3 jam penurunan yang terjadi adalah 2,6137 %, 3,3223 % dan 3,8228 %. Untuk silinder yang dibakar pada suhu 300°C selama 1, 2 dan 3 jam penurunan yang terjadi adalah 4,0308 %, 4,6844 % dan 5,1148 %. Dan untuk silinder yang dibakar pada suhu 400°C selama 1, 2 dan 3 jam penurunan yang terjadi adalah 5,1674 %, 5,9195 % dan 6,4092 %. Benda uji balok yang dibakar pada suhu 200°C selama 1, 2 dan 3 jam mengalami penurunan sebesar 1,8447 %, 2,3376 % dan 2,685 %. Dan untuk benda uji balok yang dibakar pada suhu 300°C selama 1, 2 dan 3 jam mengalami penurunan sebesar 3,0149 %, 3,8283 % dan 4,4024 %. Penurunan berat yang terjadi pada keseluruhan benda uji merupakan hasil analisa regresi dari data pengujian (lampiran 26, 27 dan 28), metode pendekatan yang digunakan dengan transformasi logaritma. Untuk lebih jelas penurunan berat tersebut dapat dilihat pada gambar 4.1 dan 4.2 berikut ini.



Gambar 5.1 Grafik Prosentase Penurunan Berat Silinder Beton Terhadap Waktu Pembakaran



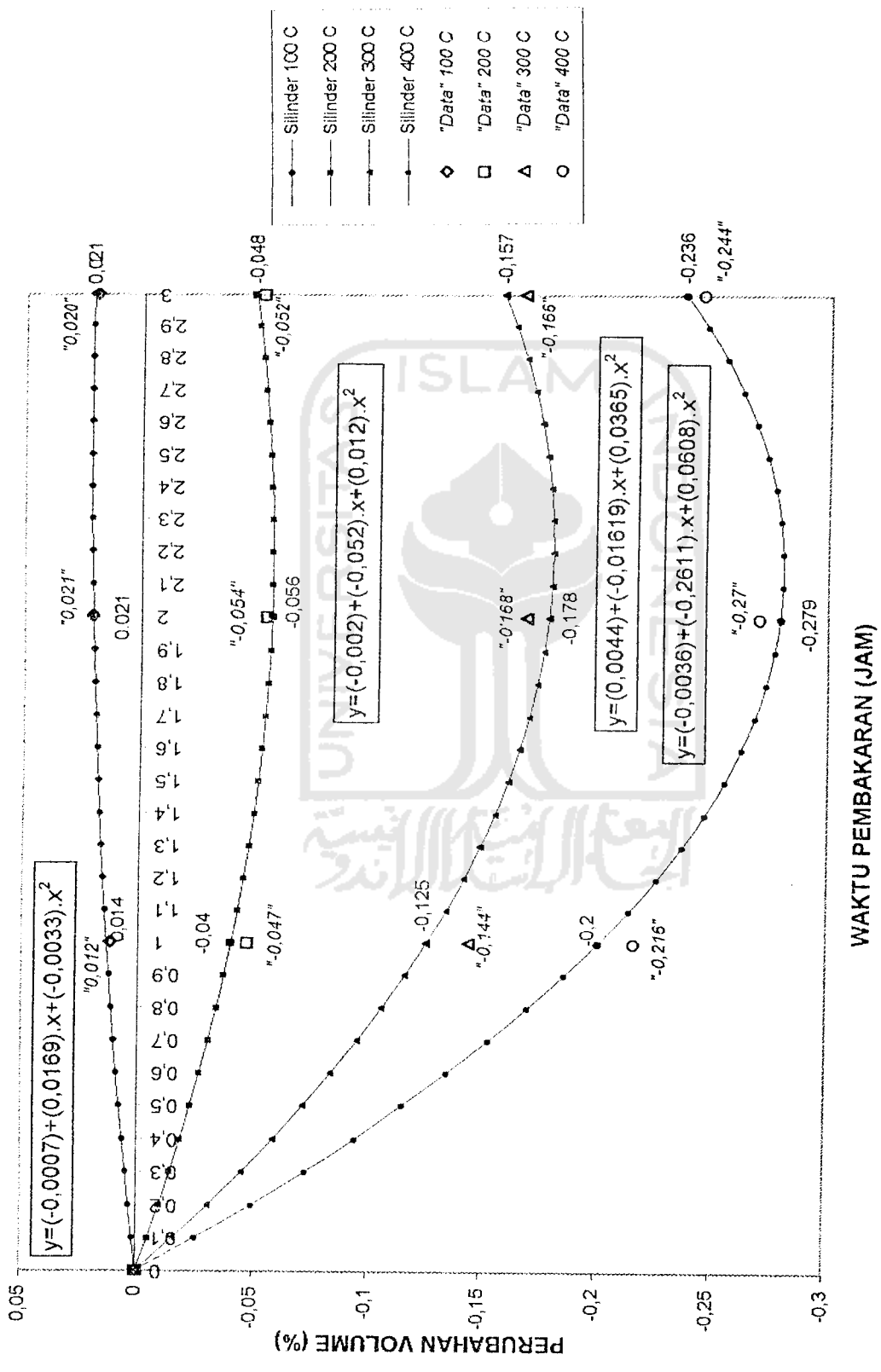
Gambar 5.2 Grafik Prosentase Penurunan Berat Balok Beton terhadap Waktu Pembakaran

Dari gambar 4.1 dan 4.2 di atas terlihat bahwa semakin tinggi suhu semakin banyak penurunan berat yang terjadi. Perbedaan rata-rata antara penurunan pada suhu antara 100°C, 200°C, 300°C dan 400°C yang didapatkan pada penelitian ini adalah 1,4219 %. Disamping itu dapat juga diamati bahwa antara benda uji lentur yang tidak dibakar dengan benda uji lentur yang dibakar pada suhu 200°C, berat benda uji akan turun sebesar 1,8447 % untuk waktu pembakaran 1 jam, 2,3376 % untuk waktu pembakaran 2 jam, untuk waktu pembakaran 3 jam turun sebesar 2,6850 %. Benda uji lentur yang dibakar pada suhu 300°C juga mengalami penurunan sebesar 3,0149 % untuk waktu pembakaran 1 jam, 3,8283 % untuk waktu pembakaran 2 jam, untuk waktu pembakaran 3 jam turun sebesar 4,4024 %. Benda uji desak yang dibakar pada suhu 100°C juga mengalami penurunan sebesar 1,0791 % untuk waktu pembakaran 1 jam, 1,6017 % untuk waktu pembakaran 2 jam, untuk waktu pembakaran 3 jam turun sebesar 2,0181 %. Benda uji desak yang dibakar pada suhu 200°C juga mengalami penurunan sebesar 2,6137 % untuk waktu pembakaran 1 jam, 3,3223% untuk waktu pembakaran 2 jam, untuk waktu pembakaran 3 jam turun sebesar 3,8228 %. Benda uji desak yang dibakar pada suhu 300°C juga mengalami penurunan sebesar 4,0308 % untuk waktu pembakaran 1 jam, 4,6844 % untuk waktu pembakaran 2 jam, untuk waktu pembakaran 3 jam turun sebesar 5,1148 %. Benda uji desak yang dibakar pada suhu 400°C juga mengalami penurunan sebesar 5,1674 % untuk waktu pembakaran 1 jam, 5,9195 % untuk waktu pembakaran 2 jam, dan waktu pembakaran 3 jam turun sebesar 6,4092 %.

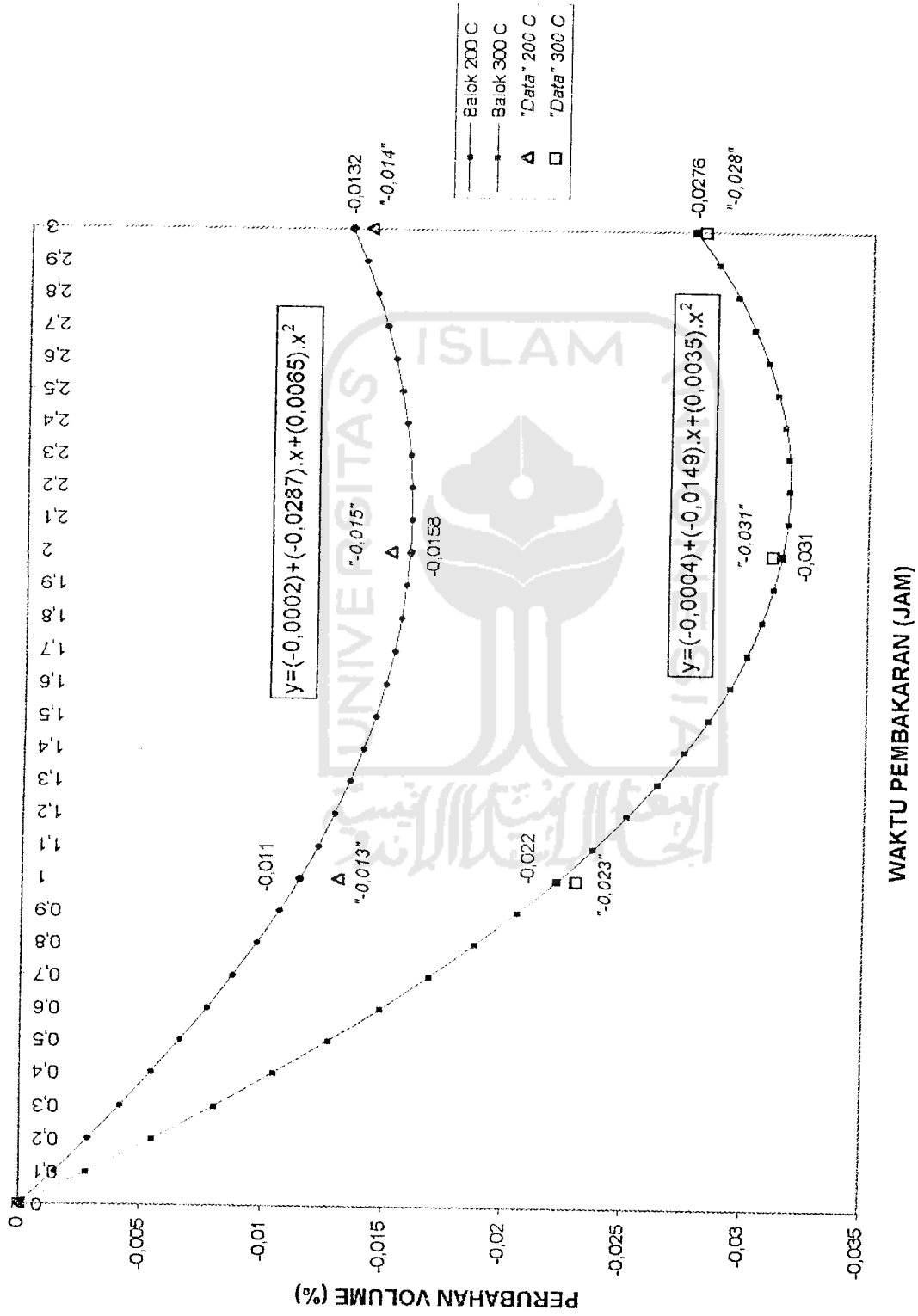
Penurunan berat ini disebabkan karena kehilangan air yang terkandung pada beton akibat pembakaran. Suhu yang tinggi dan waktu pembakaran berpengaruh pada kedalaman-pengaruh panas dan menyebabkan penguapan air pada beton tersebut, sehingga terjadi perubahan volume benda uji setelah pembakaran. Perubahan tersebut ada yang berupa penyusutan dan ada yang berupa pemuaian. Hasil penelitian yang dilakukan memperlihatkan bahwa pada pembakaran dengan suhu 100°C, benda uji mengalami pemuaian. Pada pembakaran dengan jangka waktu yang lebih waktu, pemuaian semakin berkurang dan bahkan terjadi penyusutan. Untuk suhu 200°C, 300°C dan 400°C, benda uji mengalami penyusutan. Pada pembakaran dengan jangka waktu yang lebih waktu, pemuaian semakin berkurang tetapi tidak sampai mengalami penyusutan. Balok yang dibakar pada suhu 200°C selama 1, 2 dan 3 jam mengalami perubahan berturut-turut sebesar -0,0114 %, -0,0158 % dan -0,0132 %. Balok yang dibakar pada suhu 300°C selama 1, 2 dan 3 jam mengalami perubahan berturut-turut sebesar -0,0222 %, -0,0314 % dan -0,0276 %. Silinder yang dibakar pada suhu 100°C selama 1, 2 dan 3 jam mengalami perubahan berturut-turut sebesar 0,0136 %, 0,0207 % dan 0,0213 %. Silinder yang dibakar pada suhu 200°C selama 1, 2 dan 3 jam mengalami perubahan berturut-turut sebesar -0,0401 %, -0,0562 % dan -0,0483 %. Silinder yang dibakar pada suhu 300°C selama 1, 2 dan 3 jam mengalami perubahan berturut-turut sebesar -0,1254 %, -0,1778 % dan -0,1572 %. Silinder yang dibakar pada suhu 400°C selama 1, 2 dan 3 jam mengalami perubahan berturut-turut sebesar -0,2003 %, -0,2791 % dan -0,1572 %. Tanda minus (-) pada prosentase perubahan volume di atas berarti penyusutan. Perubahan volume untuk semua benda uji ini

merupakan hasil analisa regresi dari data pengujian (lampiran 29, 30, 31, 32 33 dan 34). Grafik perubahan volume untuk masing-masing benda uji dapat dilihat pada gambar 4.3 dan 4.4 berikut dan metode pendekatan yang digunakan dengan regresi polinomial.





Gambar 5.3 Grafik Prosentase Perubahan Volume Silinder Beton terhadap Waktu Pembakaran



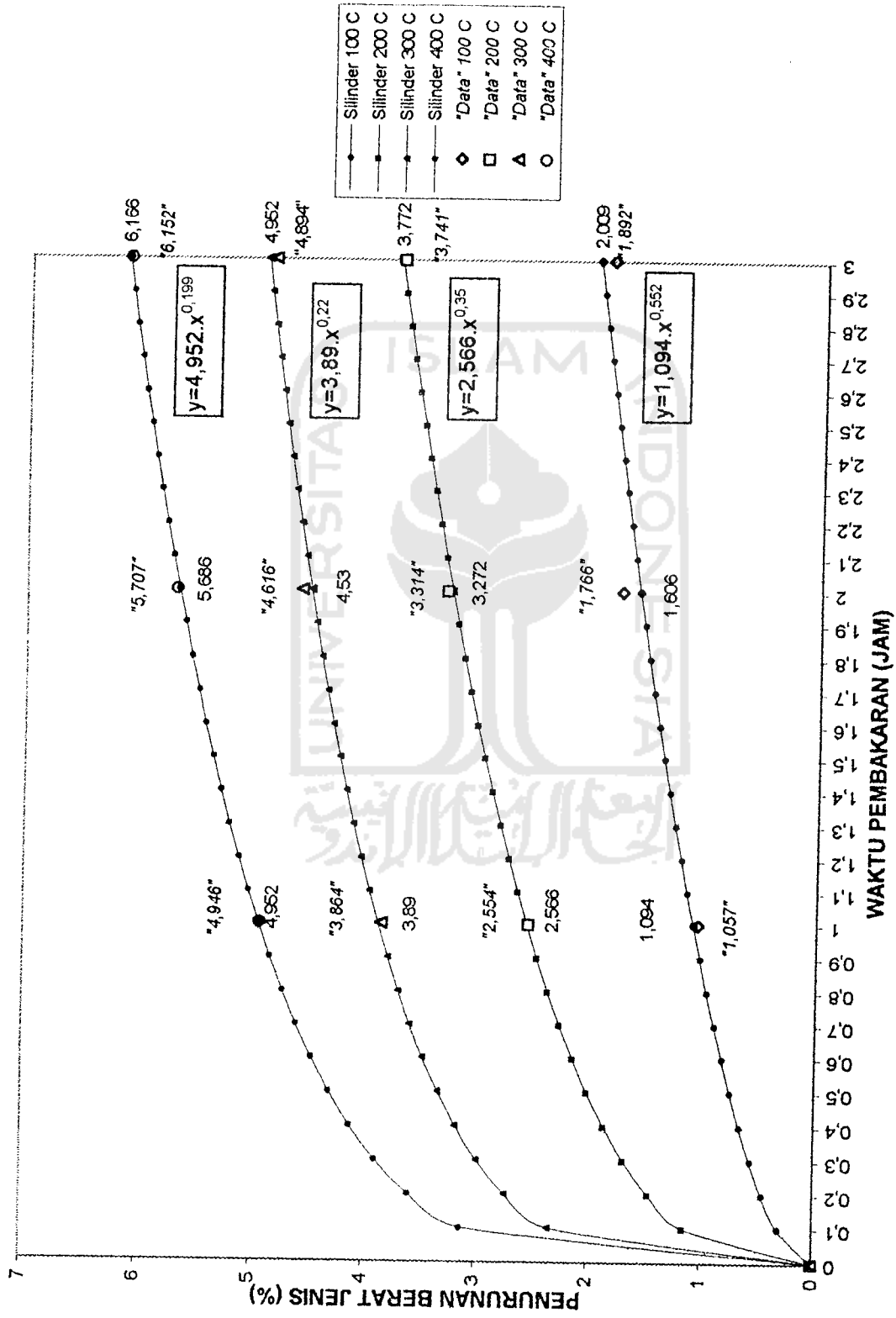
Gambar 5.4 Grafik Prosentase Perubahan Volume Balok Beton terhadap Waktu Pembakaran

Gambar 4.3 menunjukkan kenaikan volume pada silinder beton yang dibakar dengan suhu 100°C selama 1 jam, 2 jam dan 3 jam. Pemuaian yang terjadi kemudian menurun setelah melewati pembakaran pada jam ke 2. Untuk silinder yang dibakar dengan suhu 200°C, 300°C dan 400°C, bahkan mengalami penyusutan. Penyusutan yang terjadi kemudian menurun setelah melewati pembakaran pada jam ke 2.

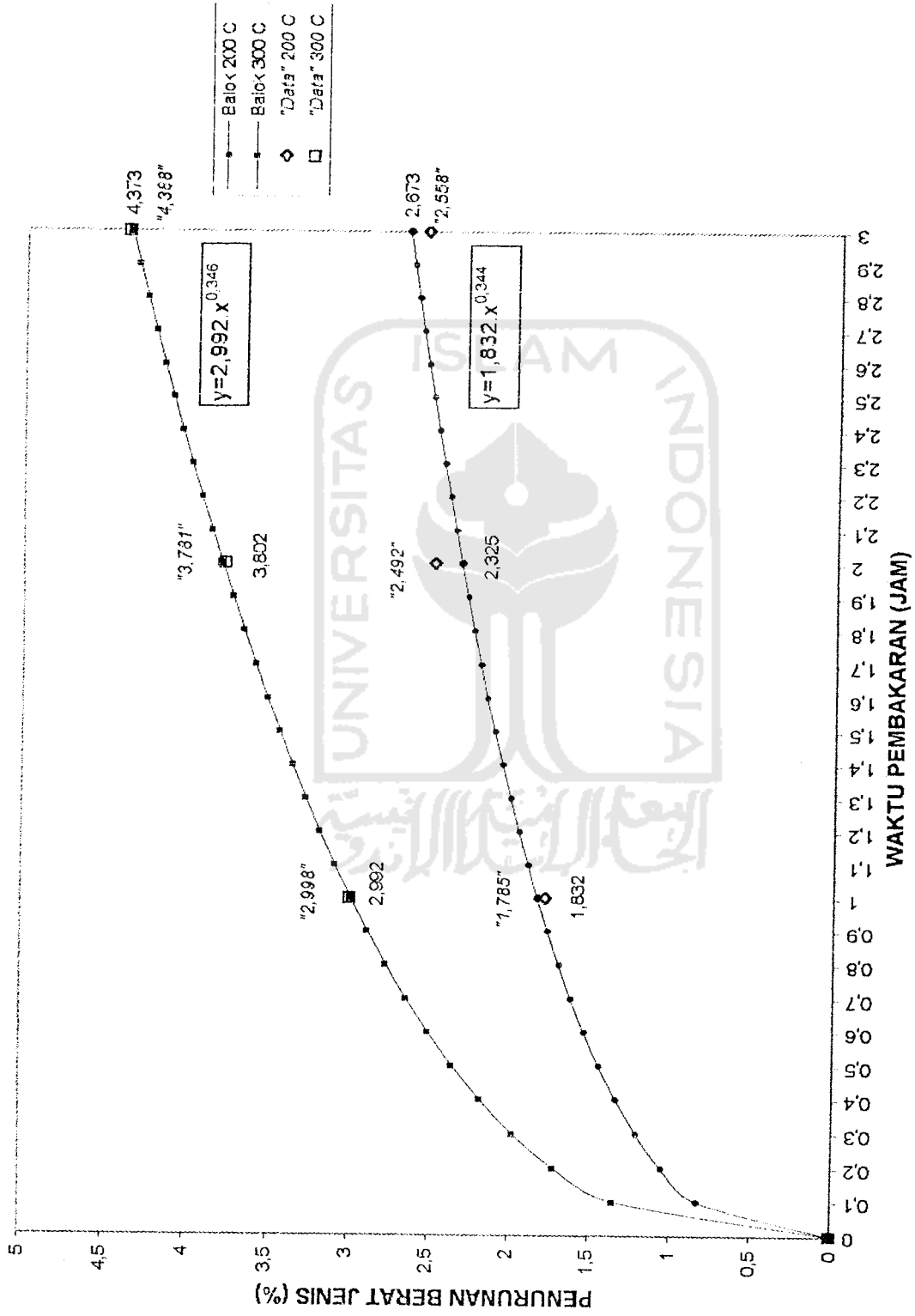
Pemuaian yang terjadi pada beton yang telah dibakar pada suhu 100°C disebabkan karena air yang terdapat pada beton belum mengalami penguapan, baru dalam proses pemuaian, sedangkan agregat dan pasta semen secara perlahan telah mengalami proses pemuaian. Untuk penyusutan yang terjadi pada beton yang telah dibakar pada suhu 200, 300 dan 400, disebabkan karena telah terjadi penguapan air yang terdapat pada pasta semen dan pori-pori agregat. Proses ini terjadi pada waktu pembakaran tertentu yang kemudian akan diikuti dengan penurunan penyusutan secara perlahan agregat dan pasta semen yang telah kehilangan kadar air. Pemuaian yang terjadi pada pasta semen dan agregat tidak sama besar, sehingga menimbulkan retak retak pada permukaan beton.

Dari hasil pengukuran benda uji sebelum pembakaran didapat berat jenis benda uji rata-rata sebesar 2,52 ton/m³. Sedangkan setelah benda uji lentur mengalami pembakaran pada suhu 200°C, berat jenis akan turun sebesar 1,8316 % untuk waktu pembakaran 1 jam, 2,3247 % untuk waktu pembakaran 2 jam, untuk waktu pembakaran 3 jam turun sebesar 2,6726 %. Benda uji lentur yang dibakar pada suhu 300°C juga mengalami penurunan sebesar 2,9918 % untuk waktu pembakaran 1 jam, 3,8016 % untuk waktu pembakaran 2 jam, untuk waktu pembakaran 3 jam turun

sebesar 4,3734 %. Benda uji desak yang dibakar pada suhu 100°C juga mengalami penurunan sebesar 1,095 % untuk waktu pembakaran 1 jam, 1,6058 % untuk waktu pembakaran 2 jam, untuk waktu pembakaran 3 jam turun sebesar 2,0088 %. Benda uji desak yang dibakar pada suhu 200°C juga mengalami penurunan sebesar 2,5665 % untuk waktu pembakaran 1 jam, 3,2721 % untuk waktu pembakaran 2 jam, untuk waktu pembakaran 3 jam turun sebesar 3,7716 %. Benda uji desak yang dibakar pada suhu 300°C juga mengalami penurunan sebesar 3,8903 % untuk waktu pembakaran 1 jam, 4,5303 % untuk waktu pembakaran 2 jam, untuk waktu pembakaran 3 jam turun sebesar 4,9524 %. Benda uji desak yang dibakar pada suhu 400°C juga mengalami penurunan sebesar 4,9522 % untuk waktu pembakaran 1 jam, 5,6856 % untuk waktu pembakaran 2 jam, untuk waktu pembakaran 3 jam turun sebesar 6,1656 %. Penurunan berat jenis beton ini merupakan hasil analisa regresi dari data pengujian (lampiran 35, 36 dan 37), metode pendekatan yang digunakan dengan transformasi logaritma. Penurunan berat jenis setelah mengalami pembakaran dapat dilihat pada gambar 4.5 dan gambar 4.6 berikut ini.



Gambar 5.5 Grafik Prosentase Perubahan Berat Jenis Silinder Beton terhadap Waktu Pembakaran



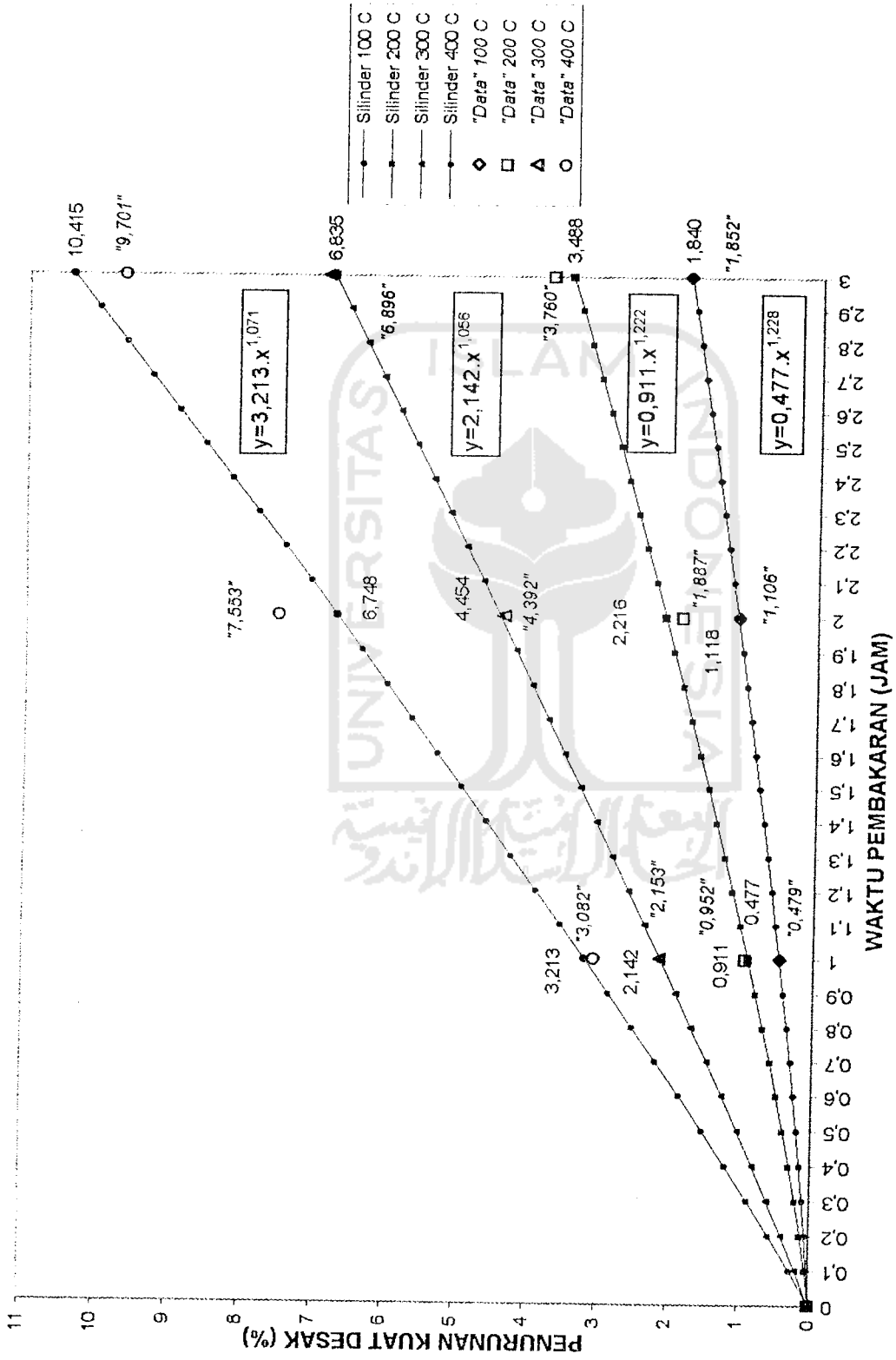
Gambar 5.6 Grafik Prosentase Penurunan Berat Jenis Balok Beton terhadap Waktu Pembakaran

Penurunan berat jenis ini dipengaruhi oleh penurunan berat dan penyusutan atau pemuaian volume benda uji. Kehilangan air dan pemuaian pada pasta semen dan agregat akibat pemanasan berpengaruh terhadap perubahan berat dan perubahan volume yang secara tidak langsung mengakibatkan terjadi perubahan berat jenis.

5.2.3 Perubahan Kuat Desak Beton

Kuat desak beton rencana untuk benda uji pada penelitian ini adalah 30 MPa. Dari hasil pengujian desak untuk beton yang tidak dibakar didapat tegangan desak karakteristik beton sebesar 46,14 MPa dan punya kuat desak karakteristik sebesar 37,86 MPa. Kuat desak hasil pengujian ini nanti akan dipakai sebagai pembanding terhadap kuat desak beton setelah dibakar.

Hasil pengujian desak beton setelah dibakar memperlihatkan nilai kuat desak yang semakin turun bersamaan dengan penambahan waktu pembakaran, hal ini dapat dilihat pada prosentase penurunan kuat desak yang digambarkan pada grafik berikut, untuk metode pendekatan digunakan transformasi logaritma.



Gambar 5.7 Grafik Prosentase Penurunan Kuat Desak Silinder Beton terhadap Waktu Pembakaran

Dari gambar 4.7 dapat dilihat prosentase penurunan kuat desak yang tidak begitu tajam pada pembakaran dengan suhu 400°C selama 1, 2 dan 3 jam. Agak sedikit berbeda berbeda dengan hasil pengujian beton yang dibakar pada 100°C , dimana prosentase penurunan kuat desak beton yang terjadi tidak begitu drastis.

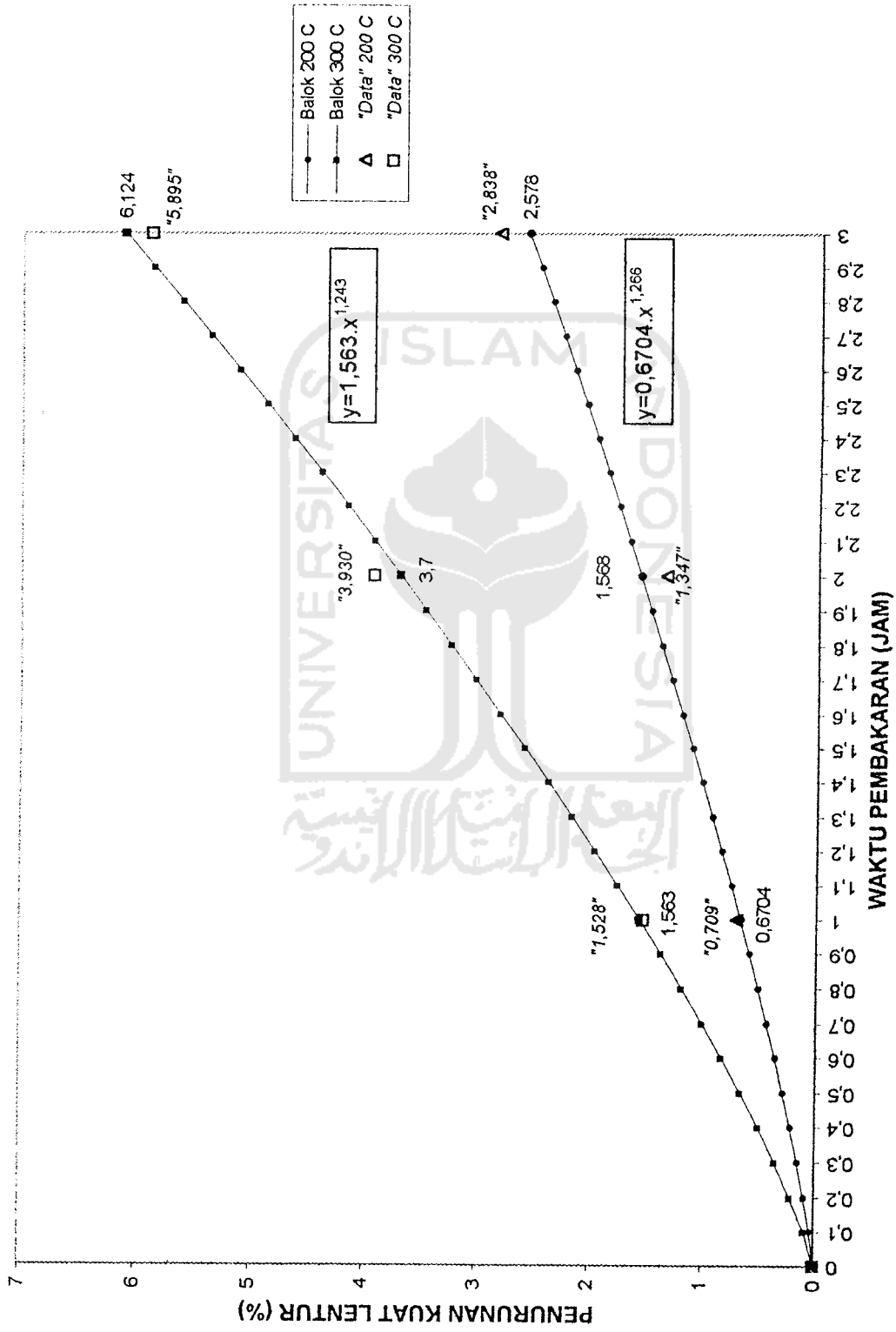
Grafik 4.7 merupakan grafik prosentase penurunan kuat desak yang diambil dari data pengujian setelah dilakukan analisa regresi (lampiran 38 dan 39). Hasil pengamatan visual terhadap beton yang diuji desak setelah dibakar dengan suhu 100°C , 200°C dan 300°C keadaan beton hampir sama yaitu hancur dengan jumlah agregat yang pecah relatif sama besar dari pada agregat yang terlepas. Agregat yang mengalami lepas adalah agregat yang terletak dekat dengan permukaan, sedangkan agregat yang mengalami pecah terletak di bagian yang lebih dalam. Perbandingan jumlah agregat pecah dan terlepas ini menunjukkan lekatan antara agregat dengan pasta semen masih baik. Agregat yang mengalami lepas pada saat diuji desak disebabkan karena lekatan antara pasta semen dengan agregat mengalami kerapuhan. Agak berbeda pada suhu 400°C , keadaan beton hancur dengan jumlah agregat yang pecah relatif lebih besar dari pada agregat yang terlepas.

Perbedaan kondisi ini terjadi karena beton yang diuji setelah dibakar pada suhu 100°C , 200°C dan 300°C , temperatur yang belum begitu tinggi masuk ke bagian dalam, sehingga kadar air yang terdapat pada pasta semen belum begitu banyak terpengaruh untuk merubah Kalsium Hidroksida menjadi bentuk Kalsium Oksida yang mempunyai ikatan lebih lemah karena melalui proses terhidrasi. Sedang pada beton yang dibakar pada suhu 400°C , bagian yang lebih luar

menerima panas yang lebih besar sehingga terjadi kehilangan air. Ini menyebabkan penyusutan dan Kalsium Hidroksida pada pasta semen terhidrasi menjadi bentuk Kalsium Oksida yang mempunyai ikatan sangat lemah dan berwarna keputihan. Bagian yang lebih dalam menerima panas yang lebih sedikit sehingga yang terjadi hanya kehilangan air dan panas yang diterima dipakai sebagai tambahan energi untuk melaksanakan proses hidrasi yang belum sempurna di bagian dalam.

5.2.4 Perubahan Kuat Lentur Beton

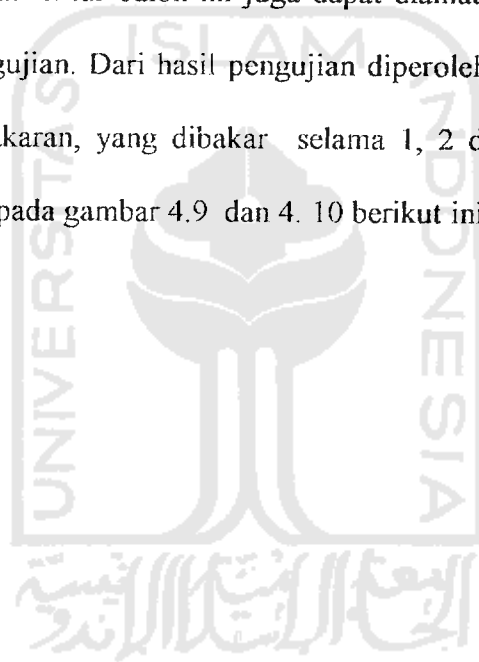
Dari perhitungan perencanaan benda uji didapatkan kuat lentur rencana (M_r) sebesar 8,98 kNm. Perhitungan ini didasarkan pada hasil uji tarik baja tulangan yang akan dipakai sebesar 323,31057 MPa dan kuat desak beton karakteristik yang direncanakan yaitu sebesar 38,28 MPa. Pengujian lentur terhadap benda uji yang dibuat memberikan hasil kuat lentur karakteristik sebesar 11,2365 kNm. Pada pengujian terhadap benda uji yang telah dibakar dengan suhu 200°C selama 1, 2 dan 3 jam memberikan hasil kuat lentur berturut-turut sebesar 11,1138 kNm, 11,04 kNm dan 10,9176 kNm. Pada pengujian terhadap benda uji yang telah dibakar dengan suhu 300°C selama 1, 2 dan 3 jam memberikan hasil kuat lentur berturut-turut sebesar 11,0648 kNm, 10,7949 kNm dan 10,5741 kNm. Kuat lentur ini merupakan hasil analisa regresi dari data pengujian lentur (lampiran 40) dan metode pendekatan yang digunakan dengan transformasi logaritma. Besar prosentase penurunan kuat lentur setelah pembakaran dapat dilihat pada grafik berikut ini.

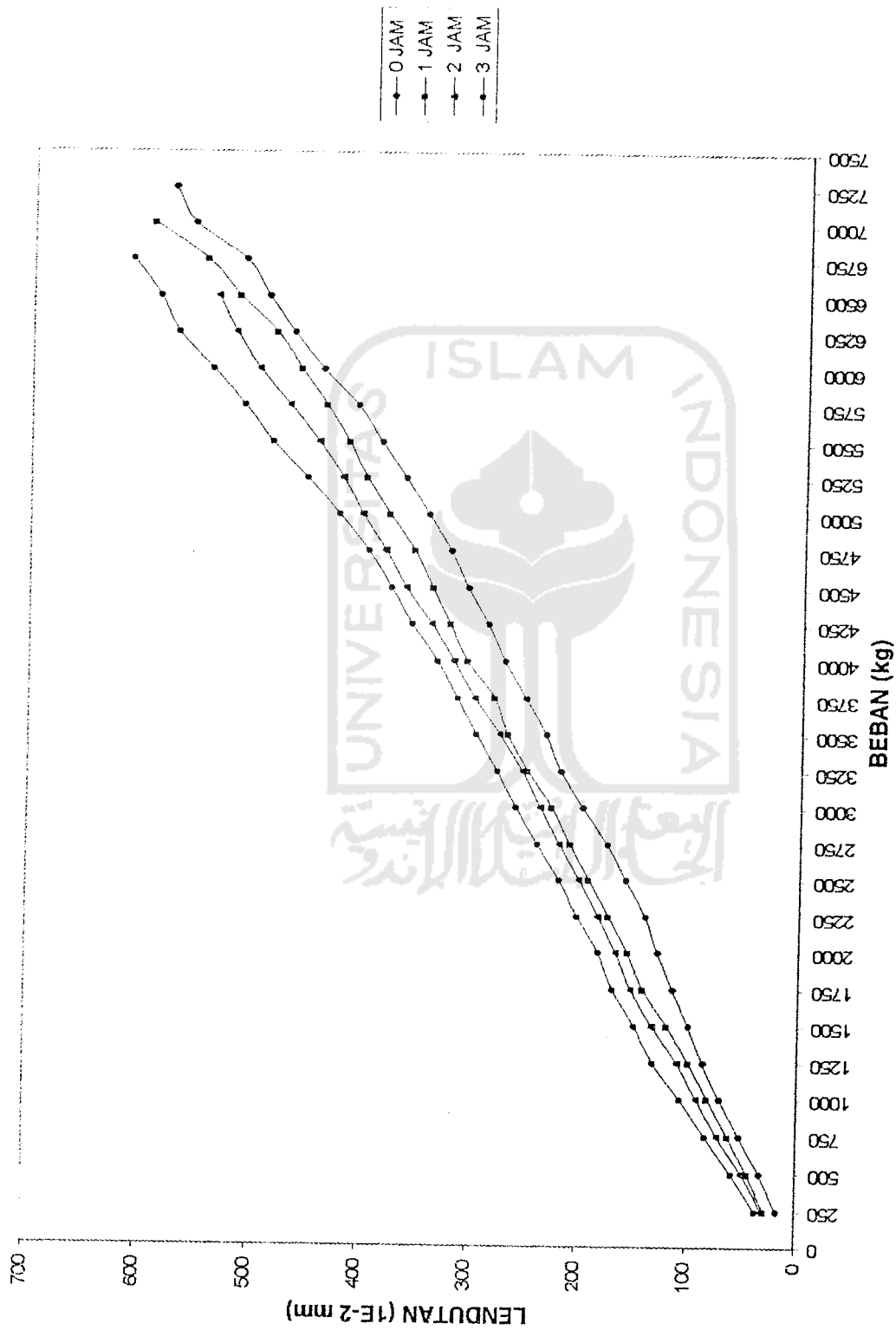


Gambar 5.8 Grafik Prosentase Penurunan Kuat Lentur Balok Beton terhadap Waktu Pembakaran

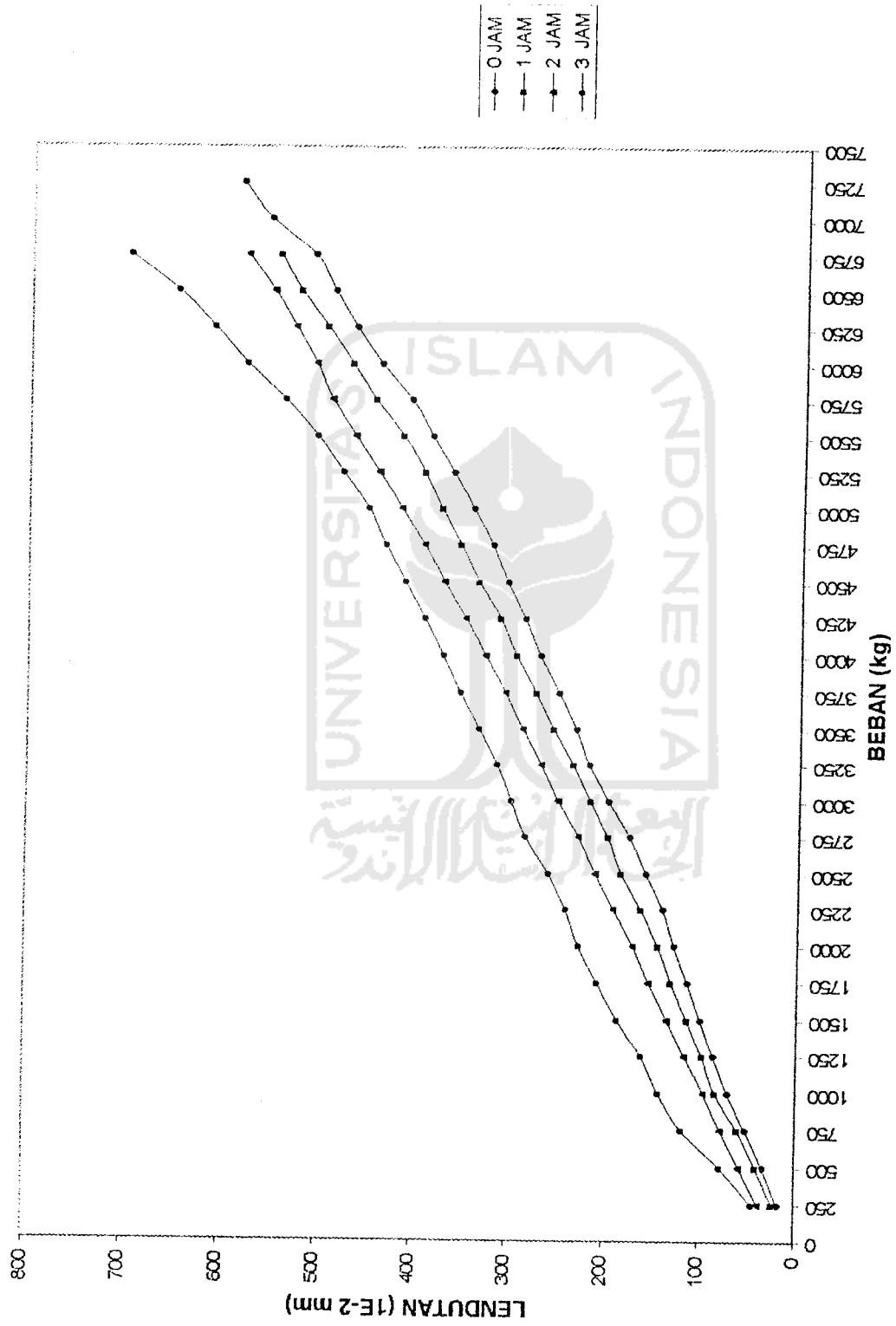
Penurunan kuat lentur yang terjadi pada hasil pengujian disebabkan oleh penurunan kuat desak beton akibat terkena panas. Dari grafik 4.8 di atas terlihat bahwa pada balok yang terbakar selama 1, 2 dan 3 jam, pada suhu 200°C dan 300°C terjadi penurunan kuat lentur yang relatif kecil Hal ini sebanding dengan nilai kuat desak beton setelah pembakaran pada suhu 200°C dan 300°C yang mengalami penurunan kuat desak yang relatif kecil juga

Penurunan kuat lentur balok ini juga dapat diamati dari besar lendutan yang terjadi pada saat pengujian. Dari hasil pengujian diperoleh hubungan besar lendutan dengan waktu pembakaran, yang dibakar selama 1, 2 dan 3 jam. Besar lendutan tersebut dapat dilihat pada gambar 4.9 dan 4. 10 berikut ini.





Gambar 5.9 Grafik Lendutan Balok Beton Pada Pembakaran 200°C



Gambar 5.10 Grafik Lendutan Balok Beton Pada Pembakaran 300°C

Sejalan dengan semakin pengurangan kuat lentur benda uji, maka lendutan yang terjadi pada beban yang sama akan semakin besar. Hal ini ternyata terbukti benar pada penelitian yang dilakukan terhadap balok yang dibakar pada suhu 200°C dan 300°C selama 1, 2 dan 3 jam. Semakin waktu pembakaran, kuat lentur akan semakin berkurang akibat penurunan kuat desak beton, dan ini akan mengakibatkan lendutan yang terjadi semakin besar.

Prosentase penurunan kuat lentur yang terjadi lebih kecil bila dibandingkan dengan prosentase penurunan kuat desak beton yang dibakar dengan suhu dan waktu pembakaran yang sama. Perbedaan prosentase ini dikarenakan pada balok beton bertulang terdapat baja tulangan yang pada pembakaran dengan suhu dan waktu pembakaran tersebut mengalami penurunan kuat tarik yang tidak banyak seperti terurai pada sub-bab berikut.

Dengan mengetahui besar penurunan kuat lentur yang terjadi maka dapat diambil suatu keputusan yang tepat terhadap bangunan dengan struktur beton bertulang yang mengalami kebakaran.

Kuat lentur yang terjadi pada balok beton yang dibakar selama 1, 2 dan 3 jam pada suhu 200°C dan 300°C memperlihatkan penurunan yang tidak begitu besar, sehingga pada kasus seperti ini konstruksi beton bertulang masih dapat dipertahankan meskipun harus diperhitungkan dengan pemakaian beban yang lebih kecil dari beban rencana semula. Apalagi jika mengingat faktor aman yang cukup besar pada saat perencanaan.

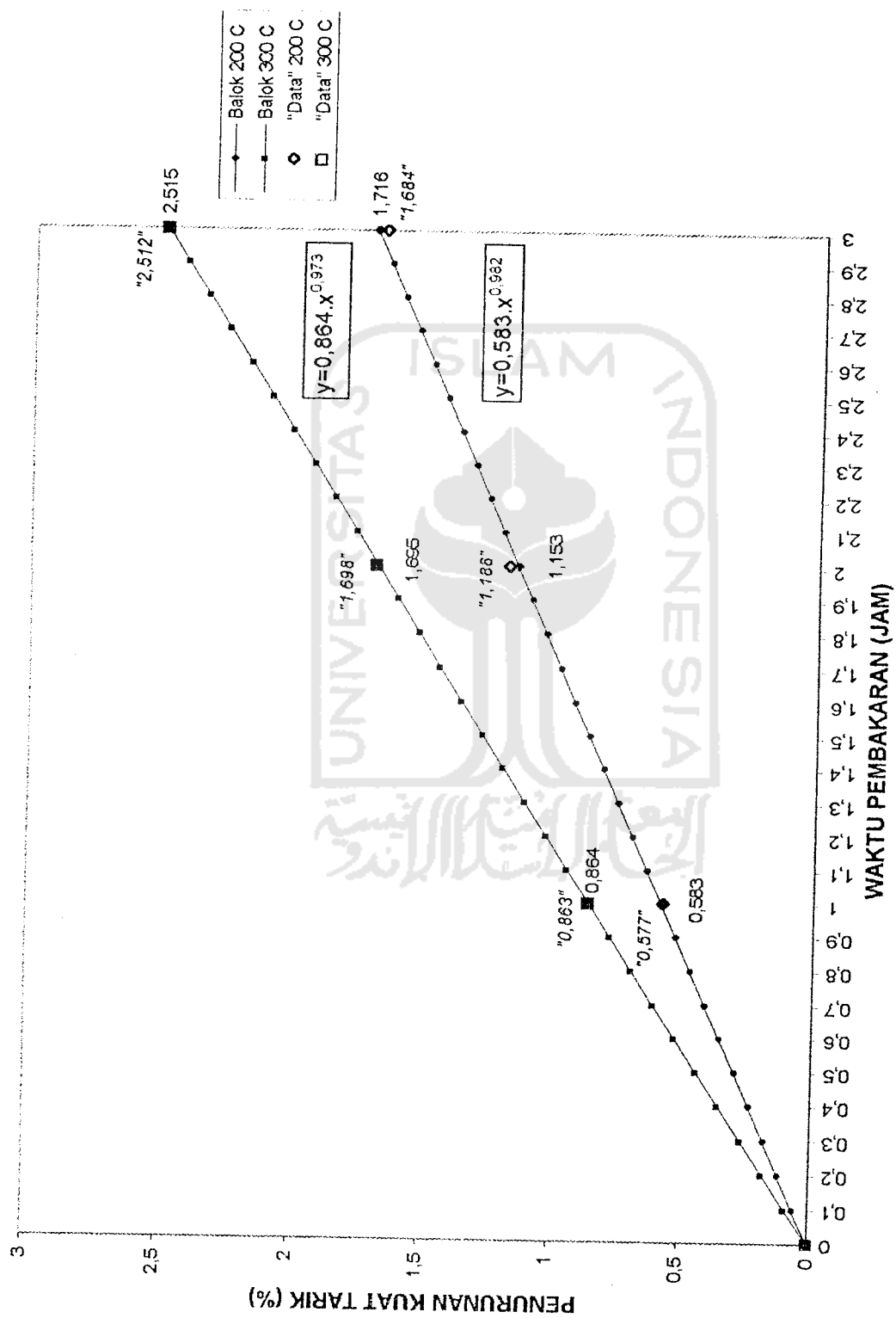
5.2.5 Perubahan Kuat Tarik baja

Kuat tarik baja yang didapat pada pengujian awal dalam penelitian ini sebesar $f_y = 323,31 \text{ MPa} = 3233,1057 \text{ kg/cm}^2$. Setelah uji lentur balok dilakukan, baja tarik yang telah terkena beban lentur pada balok mempunyai kuat tarik rata-rata sebesar $f_y = 273,093 \text{ MPa} = 2730,9256 \text{ kg/cm}^2$. Sedangkan kuat tarik baja yang telah mengalami pembakaran selama 1, 2 dan 3 jam dapat dilihat pada tabel berikut :

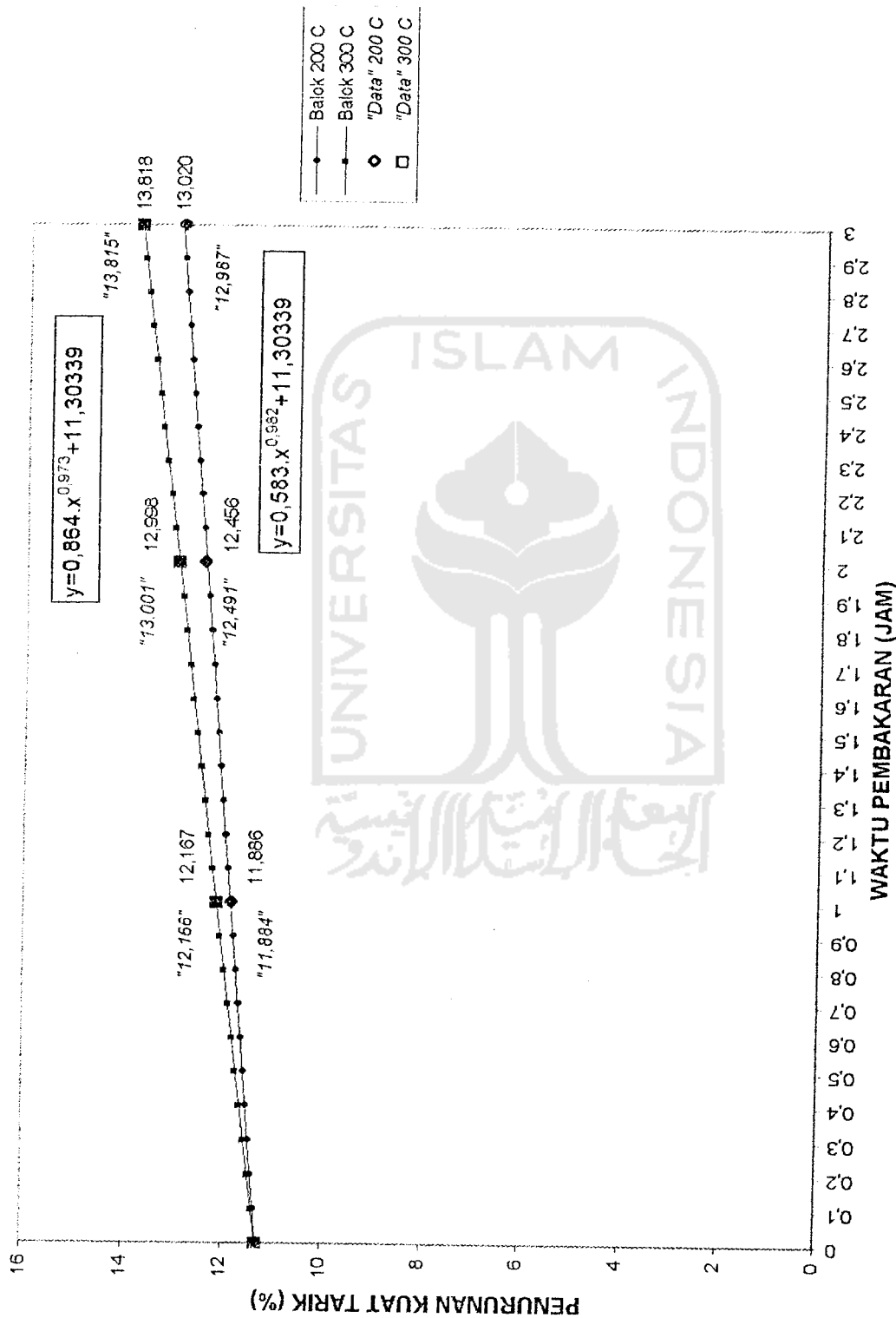
Tabel 5.7 Kuat Tarik Baja Setelah Pembakaran 200°C dan 300°C

Waktu Pembakaran (jam)	Kuat Tarik Baja (MPa) dengan suhu 200°C	Kuat Tarik Baja (MPa) dengan suhu 300°C
-	286,76553	286,76553
1	285,11089	284,29074
2	283,35876	281,89625
3	281,93640	279,56198

Pada gambar 5.11 ditampilkan prosentase penurunan yang telah diregresi (lampiran 41) dari kuat tarik baja sesudah dibakar dan terkena lentur, metode pendekatan yang digunakan dengan transformasi logaritma.



Gambar 5.11 Grafik Prosentase Penurunan Kuat Tarik Baja terhadap Waktu Pembakaran

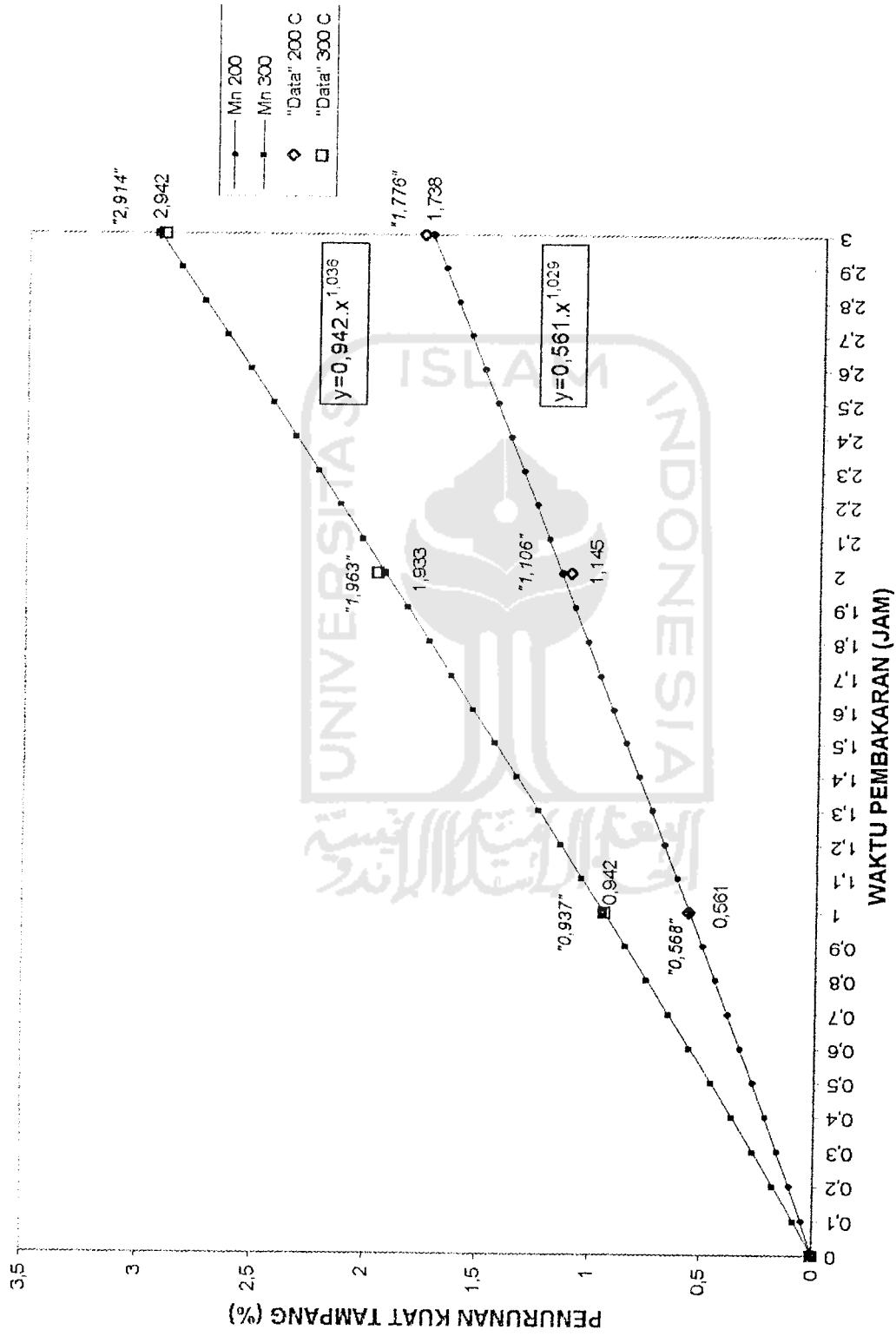


Gambar 5.12 Grafik Prosentase Penurunan Kuat Tarik Baja dengan pengurangan kekuatan pada 0°C terhadap Waktu Pembakaran

Penurunan kuat tarik baja yang nampak pada gambar 5.11 memperlihatkan prosentase nilai yang relatif kecil bila dibandingkan dengan prosentase penurunan kuat desak beton yang terbakar pada suhu yang sama. Hal ini disebabkan karena bahan susun baja bersifat lebih kekal pada suhu 200°C dan 300°C, dan kekuatan berangsur-angsur kembali sejalan dengan pendinginan, meskipun tidak kembali 100 %. Penurunan ini mungkin akan lebih besar jika baja tersebut diuji tarik ketika masih panas. Disamping itu baja tulangan tidak terkena panas secara langsung, tetapi hanya panas rambatan yang kemungkinan suhu lebih kecil dari suhu luar.

5.2.6 Perubahan Kuat Tampang Balok

Kekuatan tampang balok beton bertulang diukur besar dari momen nominal maksimum (M_n) yang mampu ditahan oleh balok tersebut. Dengan mengambil data kuat desak beton dan kuat tarik baja setelah pembakaran pada suhu 200°C dan 300°C selama 1, 2 dan 3 jam sebagai data perhitungan M_n (lampiran 42,43,44,45,46,47,48 dan 49), maka didapatkan hasil seperti yang digambarkan pada grafik 5.12 berikut dan metode pendekatan yang digunakan dengan transformasi logaritma.



Gambar 5.13 Grafik Prosentase Penurunan Kuat Tampang Balok Beton terhadap Waktu Pembakaran