

BAB IV

ANALISIS HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisis Karakteristik Beton

Kekuatan tekan beton mempunyai kecenderungan untuk bervariasi dari tiap-tiap adukan. Besar variasi itu tergantung dari berbagai faktor (Kardiyono Tjokrodimulyo, 1993), antara lain:

1. Variasi mutu bahan dari satu adukan ke adukan berikutnya,
2. Variasi cara pengadukan,
3. Keterampilan dan stabilitas pengaduk atau pekerja.

Perhitungan kekuatan tekan beton karakteristik dimaksudkan untuk mencari mutu beton dan tingkat mutu pelaksanaannya. Adapun cara perhitungan kekuatan tekan beton karakteristik dapat digunakan rumus berikut ini:

$$S_d = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\sigma'_b - \sigma'_{bm})^2}{N - 1}}$$

dimana :

S = Deviasi standard (kg/cm^2).

$\sigma' b$ = Kuat tekan beton masing-masing benda uji (kg/cm^2).

$\sigma' bk$ = kuat tekan karakteristik beton (kg/cm^2)

$\sigma' 28$ = kuat tekan beton rata-rata pada umur 28 hari (kg/cm^2)

$\sigma' bm$ = kuat tekan beton rata-rata (kg/cm^2).

N = jumlah benda uji

$$\sigma' bm = \frac{\sum_{i=1}^n \sigma' b_i}{N}$$

Sedangkan rumus tegangan karakteristik beton :

$$\sigma' bk = \sigma' bm - 1,64.S$$

Tabel 4.1 Perhitungan kuat tekan karakteristik beton dengan asal pasir Krasak Hulu

No	Umur (hari)	Faktor umur	σ'_{b} (kg/cm ²)	σ'_{28} (kg/cm ²)	σ'_{bm} (kg/cm ²)	$(\sigma'_{28} - \sigma'_{bm})^2$ (kg/cm ²)
1	7	0,65	215,38	331,35	307,88	550,93
2		0,65	219,02	336,95	307,88	845,18
3		0,65	209,09	321,68	307,88	190,49
4		0,65	214,73	330,35	307,88	504,99
5		0,65	204,21	314,17	307,88	39,59
6		0,65	221,48	340,74	307,88	1079,91
7		0,65	212,90	327,54	307,88	386,59
8		0,65	212,75	327,31	307,88	377,60
9		0,65	207,77	319,65	307,88	138,58
10		0,65	208,60	320,92	307,88	170,09
11	28	1,00	285,36	285,36	307,88	507,06
12		1,00	289,81	289,81	307,88	326,45
13		1,00	288,63	288,63	307,88	370,48
14		1,00	286,78	286,78	307,88	445,12
15		1,00	322,42	322,42	307,88	211,47
16		1,00	296,41	296,41	307,88	131,51
17		1,00	291,81	291,81	307,88	258,18
18		1,00	279,13	279,13	307,88	826,45
19		1,00	269,60	269,60	307,88	1465,20
20		1,00	276,95	276,95	307,88	956,54
				$\Sigma=6157,56$		$\Sigma=9782,41$

$$\sigma'_{bm} = \frac{\sum_{1}^n \sigma'_{28}}{N} = \frac{6157,56}{20} = 307,88 \text{ kg/cm}^2$$

$$S_d = \sqrt{\frac{\sum_{1}^n (\sigma'_{b} - \sigma'_{bm})^2}{N - 1}}$$

$$= \sqrt{\frac{9782,41}{20 - 1}} = 22,6906 \text{ kg/cm}^2$$

$$\begin{aligned} \sigma'_{bk} &= \sigma'_{bm} - 1,64 \cdot S_d \\ &= 307,88 - 1,64 \cdot 22,6906 \\ &= 270,665 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

Tabel 4.2 Perhitungan kuat tekan karakteristik beton dengan asal pasir Krasak tengah

No	Umur (hari)	Faktor umur	σ'_{b} (kg/cm ²)	σ'_{28} (kg/cm ²)	σ'_{bm} (kg/cm ²)	$(\sigma'_{28} - \sigma'_{bm})^2$ (kg/cm ²)
1	7	0,65	203,29	312,75	301,65	123,25
2		0,65	190,87	293,65	301,65	63,96
3		0,65	199,12	306,34	301,65	22,01
4		0,65	238,00	366,15	301,65	4160,51
5		0,65	179,74	276,52	301,65	631,42
6		0,65	200,19	307,98	301,65	40,09
7		0,65	218,17	335,65	301,65	1156,14
8		0,65	190,86	293,63	301,65	64,29
9		0,65	204,29	314,29	301,65	159,82
10		0,65	197,44	303,75	301,65	4,42
11	28	1,00	294,89	294,89	301,65	45,67
12		1,00	277,86	277,86	301,65	565,87
13		1,00	287,06	287,06	301,65	212,81
14		1,00	285,36	285,36	301,65	265,29
15		1,00	279,53	279,53	301,65	489,21
16		1,00	295,88	295,88	301,65	33,27
17		1,00	291,62	291,62	301,65	100,56
18		1,00	309,35	309,35	301,65	59,32
19		1,00	287,93	287,93	301,65	188,18
20		1,00	300,77	300,77	301,65	0,77
				$\Sigma=6020,96$		$\Sigma=8386,86$

$$\sigma'_{bm} = \frac{\sum_{1}^n \sigma'_{28}}{N} = \frac{6020,96}{20} = 301,65 \text{ kg/cm}^2$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{1}^n (\sigma'_{b} - \sigma'_{bm})^2}{N - 1}}$$

$$= \sqrt{\frac{8386,86}{20 - 1}} = 21,0098 \text{ kg/cm}^2$$

$$\begin{aligned} \sigma'_{bk} &= \sigma'_{bm} - 1,64.S \\ &= 301,65 - 1,64 \cdot 21,0098 \\ &= 266,392 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

Tabel 4.3 Perhitungan kuat tekan karakteristik beton dengan asal pasir Krasak Hilir

No	Umur (hari)	Faktor umur	σ'_{b} (kg/cm ²)	σ'_{28} (kg/cm ²)	σ'_{bm} (kg/cm ²)	$(\sigma'_{28} - \sigma'_{bm})^2$ (kg/cm ²)
1	7	0,65	212,03	326,20	304,78	458,99
2		0,65	210,19	323,27	304,78	345,74
3		0,65	178,56	274,71	304,78	903,96
4		0,65	193,39	297,52	304,78	52,65
5		0,65	192,63	296,35	304,78	70,99
6		0,65	201,48	309,97	304,78	26,98
7		0,65	218,68	336,43	304,78	1001,97
8		0,65	230,20	354,15	304,78	2437,79
9		0,65	213,86	329,01	304,78	587,29
10		0,65	211,51	325,40	304,78	425,35
11	28	1,00	285,73	285,73	304,78	362,75
12		1,00	279,51	279,51	304,78	638,37
13		1,00	257,95	257,95	304,78	2192,67
14		1,00	298,28	298,28	304,78	42,19
15		1,00	288,54	288,54	304,78	263,61
16		1,00	282,02	282,05	304,78	516,47
17		1,00	313,38	313,38	304,78	74,03
18		1,00	312,62	312,62	304,78	61,53
19		1,00	294,60	294,60	304,78	103,55
20		1,00	309,76	309,76	304,78	24,84
				$\Sigma=6095,53$		$\Sigma=10591,72$

$$\sigma'_{bm} = \frac{\sum_{1}^n \sigma'_{28}}{N} = \frac{6095,53}{20} = 304,78 \text{ kg/cm}^2$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{1}^n (\sigma'_{b} - \sigma'_{bm})^2}{N - 1}}$$

$$= \sqrt{\frac{10591,72}{20 - 1}} = 23,6106 \text{ kg/cm}^2$$

$$\begin{aligned} \sigma'_{bk} &= \sigma'_{bm} - 1,64.S \\ &= 304,78 - 1,64 \cdot 23,6106 \\ &= 266,0547 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

Tabel 4.5

Tabel 4.4 Perhitungan kuat tekan karakteristik beton dengan asal pasir Progo Hulu

No	Umur (hari)	Faktor umur	σ'_{b} (kg/cm ²)	σ'_{28} (kg/cm ²)	σ'_{bm} (kg/cm ²)	$(\sigma'_{28} - \sigma'_{bm})^2$ (kg/cm ²)
1	7	0,65	244,15	375,61	339,07	1335,24
2		0,65	250,10	384,77	339,07	2088,58
3		0,65	267,25	411,15	339,07	5195,67
4		0,65	258,64	397,64	339,07	3430,56
5		0,65	250,43	385,28	339,07	2135,46
6		0,65	254,28	391,20	339,07	2717,64
7		0,65	271,04	416,98	339,07	6070,12
8		0,65	225,93	347,58	339,07	72,44
9		0,65	244,16	375,63	339,07	1336,71
10		0,65	235,25	361,92	339,07	522,17
11	28	1,00	256,60	256,60	339,07	6801,14
12		1,00	266,73	266,73	339,07	5232,93
13		1,00	299,82	299,82	339,07	1540,48
14		1,00	294,03	294,03	339,07	2028,51
15		1,00	290,95	290,95	339,07	2315,44
16		1,00	296,37	296,37	339,07	1823,20
17		1,00	317,62	317,62	339,07	460,06
18		1,00	318,59	318,59	339,07	419,39
19		1,00	303,25	303,25	339,07	1283,00
20		1,00	289,66	289,66	339,07	2441,25
				$\Sigma=6781,38$		$\Sigma=42949,99$

$$\sigma'_{bm} = \frac{\sum_{1}^{n} \sigma'_{28}}{N} = \frac{6781,38}{20} = 339,07 \text{ kg/cm}^2$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{1}^{n} (\sigma'_{b} - \sigma'_{bm})^2}{N - 1}}$$

$$= \sqrt{\frac{42949,99}{20 - 1}} = 50,9127 \text{ kg/cm}^2$$

$$\begin{aligned} \sigma'_{bk} &= \sigma'_{bm} - 1,64 \cdot S \\ &= 339,07 - 1,64 \cdot 50,9127 \\ &= 255,572 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

Tabel 4.5 Perhitungan kuat tekan karakteristik beton dengan asal pasir Progo Tengah

No	Umur (hari)	Faktor umur	σ^b (kg/cm ²)	σ^{28} (kg/cm ²)	σ^{bm} (kg/cm ²)	$(\sigma^{28}-\sigma^{bm})^2$ (kg/cm ²)
1	7	0,65	226,71	348,78	318,41	922,90
2		0,65	181,98	279,97	318,41	1477,94
3		0,65	217,59	334,75	318,41	266,86
4		0,65	237,03	364,66	318,41	2138,69
5		0,65	245,76	378,09	318,41	3561,22
6		0,65	235,41	362,17	318,41	1914,59
7		0,65	265,05	407,77	318,41	7984,49
8		0,65	234,71	361,09	318,41	1821,24
9		0,65	258,66	397,94	318,41	6324,38
10		0,65	304,63	468,66	318,41	22573,86
11	28	1,00	282,54	282,54	318,41	1286,94
12		1,00	252,09	252,09	318,41	4398,87
13		1,00	276,19	276,19	318,41	1782,87
14		1,00	268,66	268,66	318,41	2475,46
15		1,00	283,87	283,87	318,41	1193,29
16		1,00	235,32	235,32	318,41	6904,61
17		1,00	295,97	295,97	318,41	503,73
18		1,00	238,58	238,58	318,41	6373,47
19		1,00	275,10	275,10	318,41	1876,10
20		1,00	256,09	256,09	318,41	3884,28
				$\Sigma=6368,29$		$\Sigma=79664,98$

$$\sigma^{bm} = \frac{\sum_{1}^n \sigma^{28}}{N} = \frac{6368,29}{20} = 318,41 \text{ kg/cm}^2$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{1}^n (\sigma^b - \sigma^{bm})^2}{N - 1}}$$

$$= \sqrt{\frac{79664,98}{20 - 1}} = 64,7525 \text{ kg/cm}^2$$

$$\begin{aligned} \sigma^{bk} &= \sigma^{bm} - 1,64.S \\ &= 318,41 - 1,64 \cdot 64,7525 \\ &= 212,219 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

Tabel 4.6 Perhitungan kuat tekan karakteristik beton dengan asal pasir Progo Hilir

No	Umur (hari)	Faktor umur	$\sigma' b$ (kg/cm ²)	$\sigma' 28$ (kg/cm ²)	$\sigma' bm$ (kg/cm ²)	$(\sigma' 28 - \sigma' bm)^2$ (kg/cm ²)
1	7	0,65	186,33	286,66	260,62	677,82
2		0,65	177,86	273,63	260,62	169,13
3		0,65	190,09	292,45	260,62	1012,83
4		0,65	195,75	301,15	260,62	1642,27
5		0,65	180,73	278,05	260,62	303,63
6		0,65	199,61	307,09	260,62	2158,99
7		0,65	187,56	288,55	260,62	779,81
8		0,65	183,39	282,14	260,62	462,89
9		0,65	188,02	289,26	260,62	819,96
10		0,65	193,90	298,31	260,62	1420,16
11	28	1,00	228,49	228,49	260,62	1032,66
12		1,00	238,13	238,13	260,62	506,02
13		1,00	228,35	228,35	260,62	1041,67
14		1,00	225,93	225,93	260,62	1203,74
15		1,00	230,20	230,20	260,62	925,68
16		1,00	247,80	247,80	260,62	164,48
17		1,00	226,27	226,27	260,62	1180,20
18		1,00	241,46	241,46	260,62	367,29
19		1,00	220,23	220,23	260,62	1631,76
20		1,00	228,35	228,35	260,62	1041,67
				$\Sigma=5212,50$		$\Sigma=18542,73$

$$\sigma' bm = \frac{\sum_{1}^n \sigma' 28}{N} = \frac{5212,50}{20} = 260,62 \text{ kg/cm}^2$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{1}^n (\sigma' b - \sigma' bm)^2}{N - 1}}$$

$$= \sqrt{\frac{18542,73}{20 - 1}} = 31,2390 \text{ kg/cm}^2$$

$$\begin{aligned} \sigma' bk &= \sigma' bm - 1,64 \cdot S \\ &= 260,625 - 1,64 \cdot 31,2390 \\ &= 209,393 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

4.2 Ringkasan Hasil Pengujian

Dari hasil analisis kuat tekan karakteristik beton dengan variasi asal agregat halus (pasir) di atas, dapat ditabelkan sebagai berikut:

Tabel 4.7 Kuat tekan karakteristik beton hasil uji

No	Asal Pasir	σ'_{bk} (kg/cm ²)	σ'_{bm} (kg/cm ²)	σ'_{28} Tertinggi Terendah	Keterangan
1	Krasak Hulu	270,665	307,878	340,74 269,60	K-225 tercapai
2	Krasak Tengah	266,592	301,048	366,15 276,52	K-225 tercapai
3	Krasak Hilir	266,055	304,776	307,09 220,23	K-225 tercapai
4	Progo Hulu	255,572	339,069	416,98 256,60	K-225 tercapai
5	Progo Tengah	212,219	318,414	468,66 334,75	tidak tercapai
6	Progo Hilir	209,393	260,625	307,09 220,23	tidak tercapai

4.3 Pembahasan

Hampir semua faktor yang berkenaan dengan kenyataan suatu agregat endapan, dalam hal ini pasir sungai, selalu berhubungan dengan sejarah geologi dari daerah sekitarnya. Proses geologis yang membentuk deposit (endapan) atau modifikasi yang berurutan menentukan ukuran gradasi, kebulatan/ketajaman dan sejumlah faktor lain yang berkaitan dengan pertanyaan tentang penggunaannya.

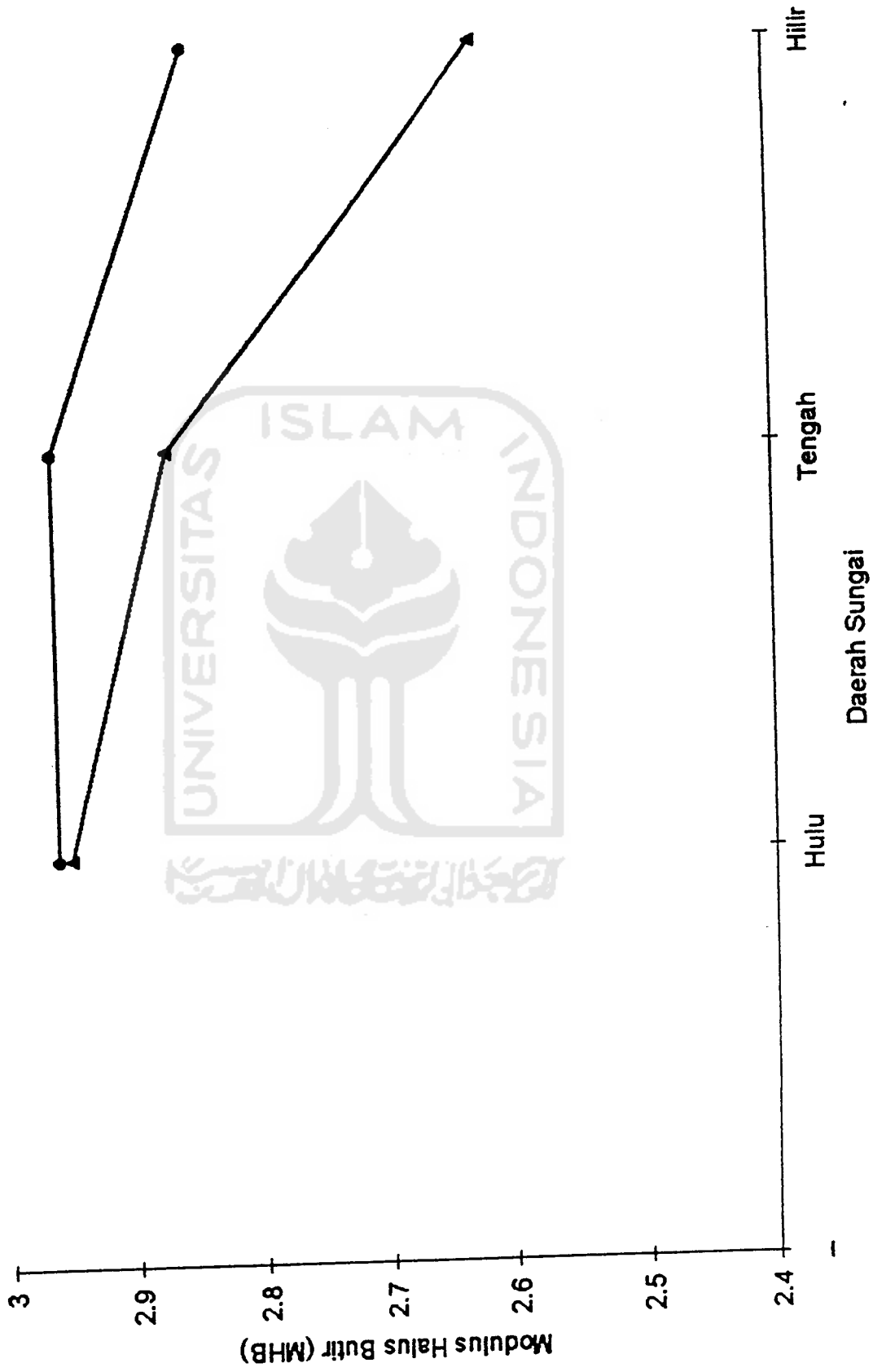
Dilihat dari kurva gradasi yang dihasilkan dari penelitian ini (Gambar 3.4 s/d Gambar 3.9), tampak bahwa semua pasir dari berbagai variasi asal (Krasak hulu, Krasak tengah, Krasak hilir dan Progo Hulu, Progo tengah

Progo hilir), memiliki ukuran gradasi yang baik. Artinya, semua memenuhi kurva gradasi standar yang ditetapkan oleh ASTM C 33-71a.

Pasir dengan variasi asal sungai progo hilir, terlihat sebagian kurva gradasinya agak keluar dari kurva gradasi standar ASTM C33-71a ke arah daerah kurang baik. Hal ini disebabkan karena gradasi pasir sungai progo hilir umumnya berbutir halus. Terlihat juga pada tabel 3.9 berat pasir kumulatif yang tertahan pada lubang ayakan 0,3 mm dan 0,15 mm mencapai 95,1% dan 98,3%. Ini berarti berarti lolos kumulatif pada lubang ayakan tersebut hanya 4,9% dan 1,7%. Padahal untuk standar ASTM C33-71a pada kondisi ini, berat lolos kumulatif yang disyaratkan 10% - 30% dan 2% - 10%. Hal ini juga yang menjadi salah satu penyebab tidak tercapainya kuat tekan karakteristik seperti yang direncanakan.

Namun demikian, pasir asal sungai progo tengah dan hilir ini masih dapat digunakan untuk campuran beton struktur, karena pada kondisi tertentu, untuk lubang ayakan 0,6;1,18;2,36 dan 4,75 mm berat lolos kumulatifnya masih memenuhi syarat ASTM C33-71a dan kuat tekan karakteristiknya masih diatas K-125.

Secara umum, ukuran gradasi dari pasir sungai, makin ke hilir cenderung makin halus dan permukaan butirnya tidak lagi tajam-tajam dan kasar seperti pada pasir sungai hulu. Hal ini dapat di lihat dari gambar Modulus Halus Butir (MHB) pada grafik 4.1 berikut ini.



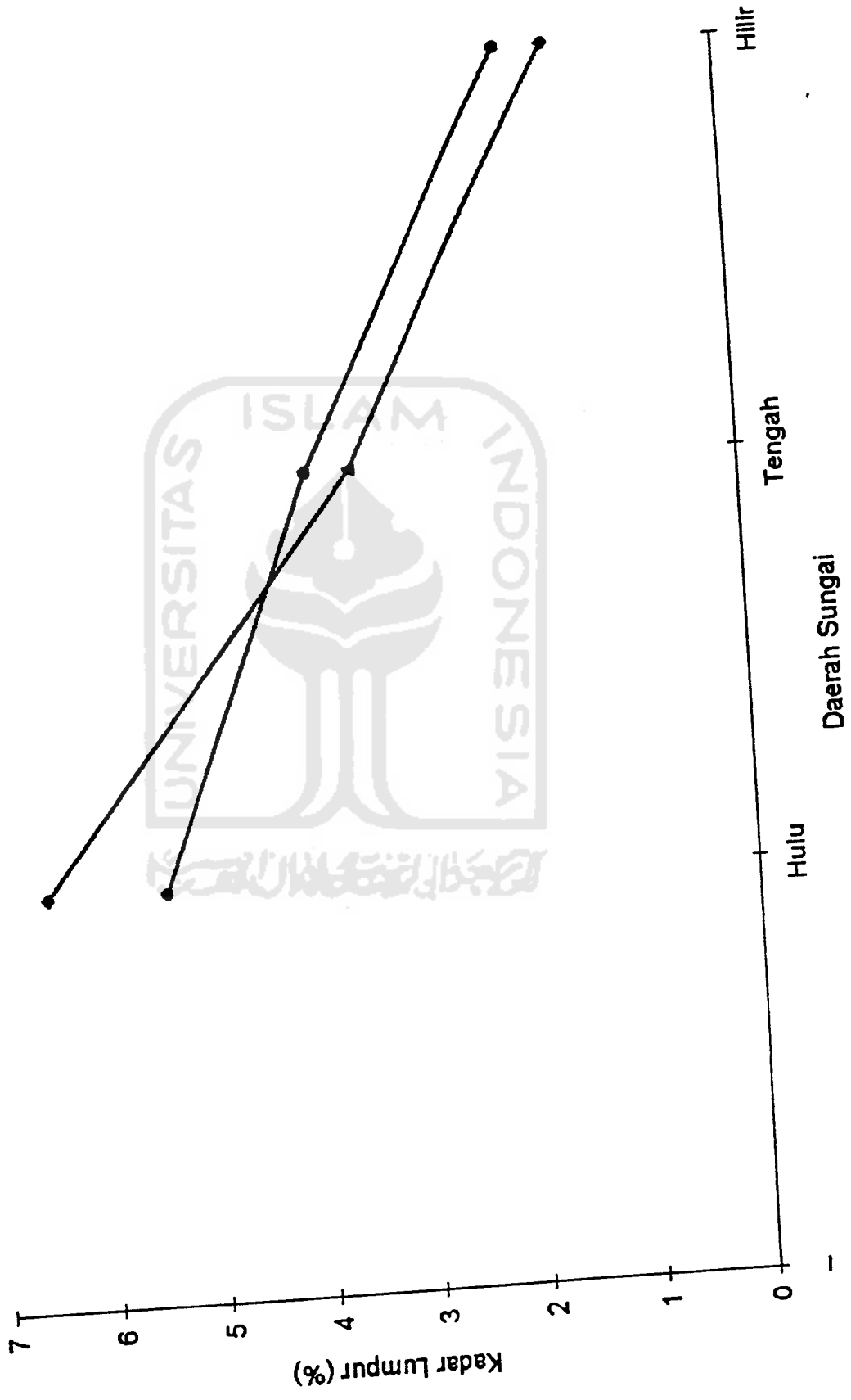
Grafik 4.1. Modulus Halus Butir Pasir Dengan Variasi Asal Sungai Krasak dan Progo

Dari grafik 4.1 diatas, terlihat bahwa nilai MHB-nya makin ke hilir cenderung makin menurun, ini terjadi karena pasir dibawa arus sungai dari sumber air ke muara sungai, yang membuatnya tergulung dan bertumbukan serta terkikis (pelapukan/erosi) yang akhirnya membentuk butir-butir halus.

Arus sungai membawa pecahan, butir-butir yang besar diendapkan pada hulu sungai sedangkan yang kecil-kecil di muara sungai. Karena alur sungai sering berpindah tempat maka banyak dangkalan pasir terletak di luar jalur sungai seperti sekarang ini.

Ditinjau dari persentase kandungan lumpurnya, pada grafik 4.2 berikut dapat dilihat bahwa pasir pada bagian hulu sungai, baik sungai Krasak maupun Progo, memiliki persentase kadar lumpur yang tinggi yakni 6,5% dan 5,4%. Ini berarti persentase kandungan lumpur pada sungai bagian hulu tidak memenuhi syarat kandungan lumpur pasir yang ditetapkan PBBI 1971 NI-2, yang menetapkan tidak lebih dari 5%. Dengan demikian pasir sungai bagian hulu ini harus dicuci terlebih dahulu sebelum digunakan untuk campuran adukan beton.

Pasir sungai pada bagian hulu ini, kadar lumpurnya cenderung tinggi karena kondisi sungai pada bagian hulu tidak begitu mendukung proses alam yang dapat mengurangi endapan lumpur pada pasir. Terutama untuk sungai Krasak Hulu, bentuk sungai yang relatif kecil dan lokasinya yang berdekatan sekali dengan gunung Merapi yang selalu



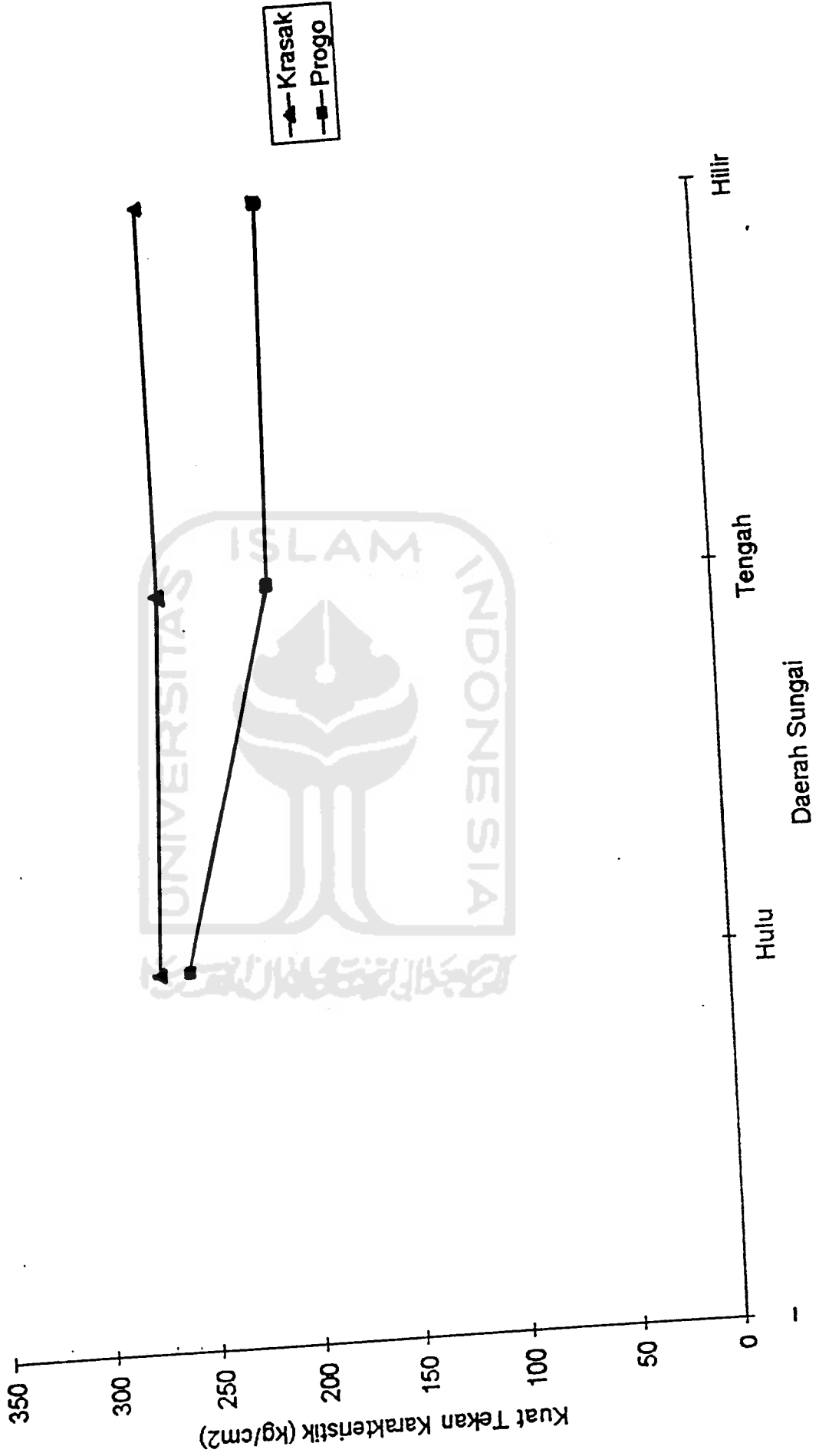
Grafik 4.2. Kadar Lumpur Pasir Dengan Variasi Asal Sungai Krasak dan Progo

mengeluarkan abu dan lahar, sehingga kandungan lumpur pada pasirnya mencapai 6,5%. Tetapi untuk sungai bagian tengah dan hilir, baik sungai Krasak maupun Progo, kandungan lumpurnya lebih kecil dari 5% (Grafik 4.2), sehingga pasir dari daerah ini dapat langsung digunakan untuk campuran beton tanpa dicuci terlebih dahulu.

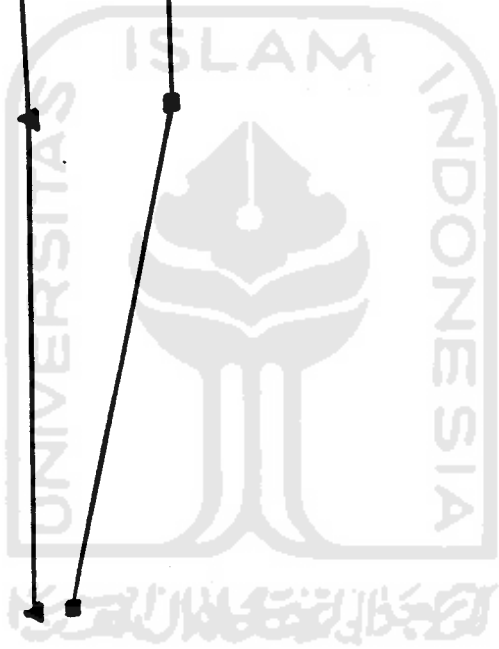
Untuk kuat tekan karakteristik betonnya, dari grafik 4.3 berikut ini, dapat dilihat nilai kuat tekan karakteristik beton yang dihasilkan dari berbagai variasi asal agregat halus (pasir). Kuat tekan karakteristik beton dengan pasir dari sungai Krasak bagian Hulu mencapai $270,665 \text{ kg/cm}^2$, begitu juga pada sungai Progo Hulu mencapai $255,572 \text{ kg/cm}^2$. Walaupun pada kondisi sebelumnya pasir pada daerah hulu ini, memiliki kandungan lumpur lebih dari 5%, namun setelah dicuci dan digunakan untuk campuran adukan beton, kuat tekan karakteristiknya dapat mencapai kuat tekan perencanaan untuk mix design K-225. sehingga dapat dipakai untuk campuran beton struktur.

Secara keseluruhan, kuat tekan karakteristik beton dengan menggunakan pasir asal sungai Krasak, semuanya dapat memenuhi kuat tekan perencanaan dengan mix design K-225. Sedangkan untuk sungai Progo, hanya bagian hulu saja yang dapat mencapai kuat tekan karakteristik perencanaan K-225.

Faktor lain yang juga mempengaruhi kuat tekan karakteristik beton adalah nilai deviasi standar (S_d). Dari hasil penelitian ini diperoleh nilai deviasi standar beton



Grafik 4.3. Kuat Tekan Karakteristik Beton Dengan Berbagai Variasi Asal Pasir

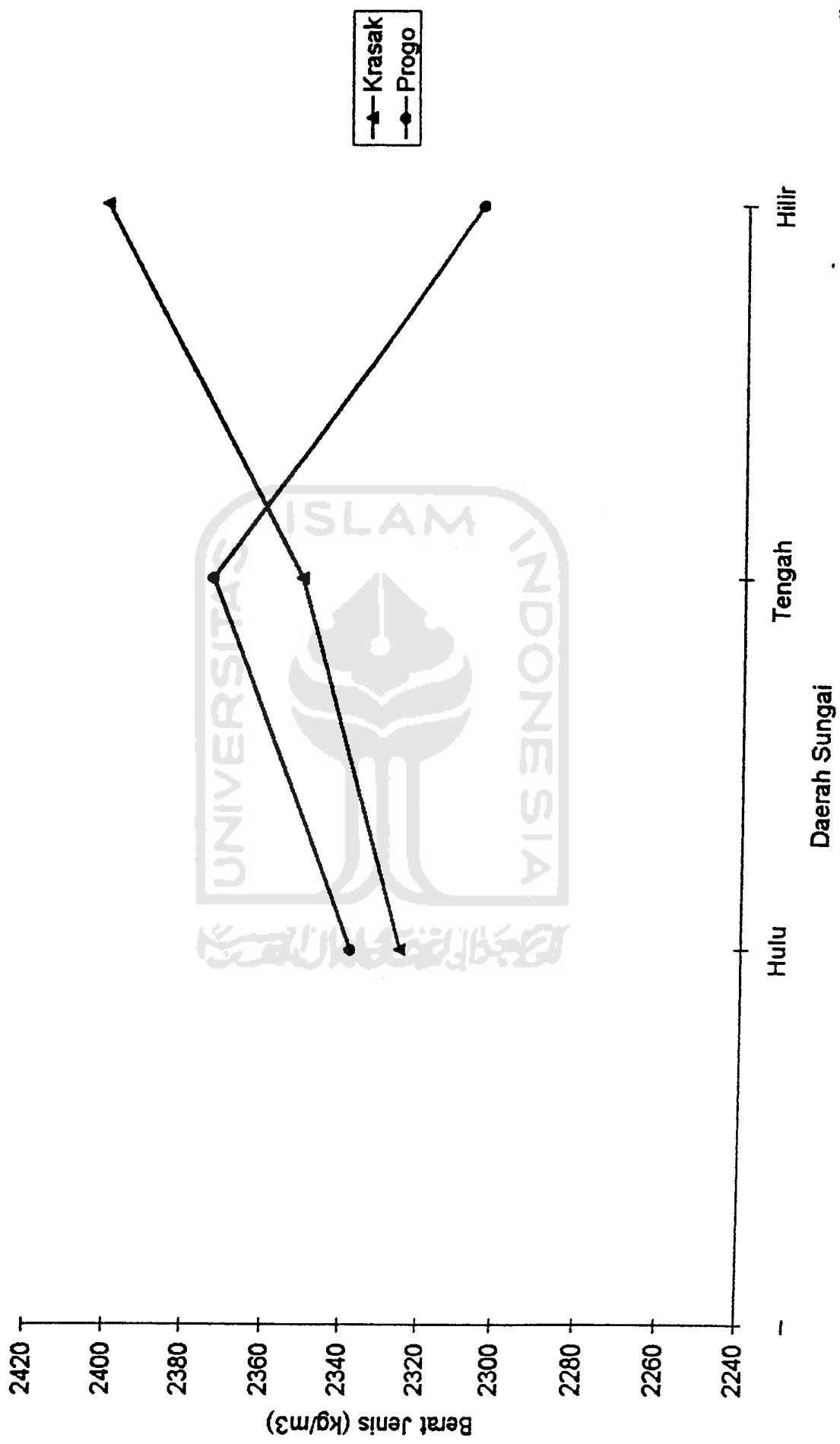


dari berbagai variasi asal agregat halus (pasir). Untuk kuat tekan karakteristik beton dengan asal pasir sungai Krasak nilai deviasi standar berkisar antara 22,6906 kg/cm²; 21,0098 kg/cm² dan 23,6106 kg/cm². Hal ini menunjukkan bahwa tingkat pengendalian mutu pelaksanaan pekerjaan baik sekali (Tabel 2.9).

Sedangkan nilai deviasi standar untuk variasi asal agregat halus sungai Progo adalah 50,9127 kg/cm²; 64,7525 kg/cm² dan 31,2390 kg/cm². Ini berarti tingkat pengendalian mutu pelaksanaan pekerjaan adalah baik (Tabel 2.9).

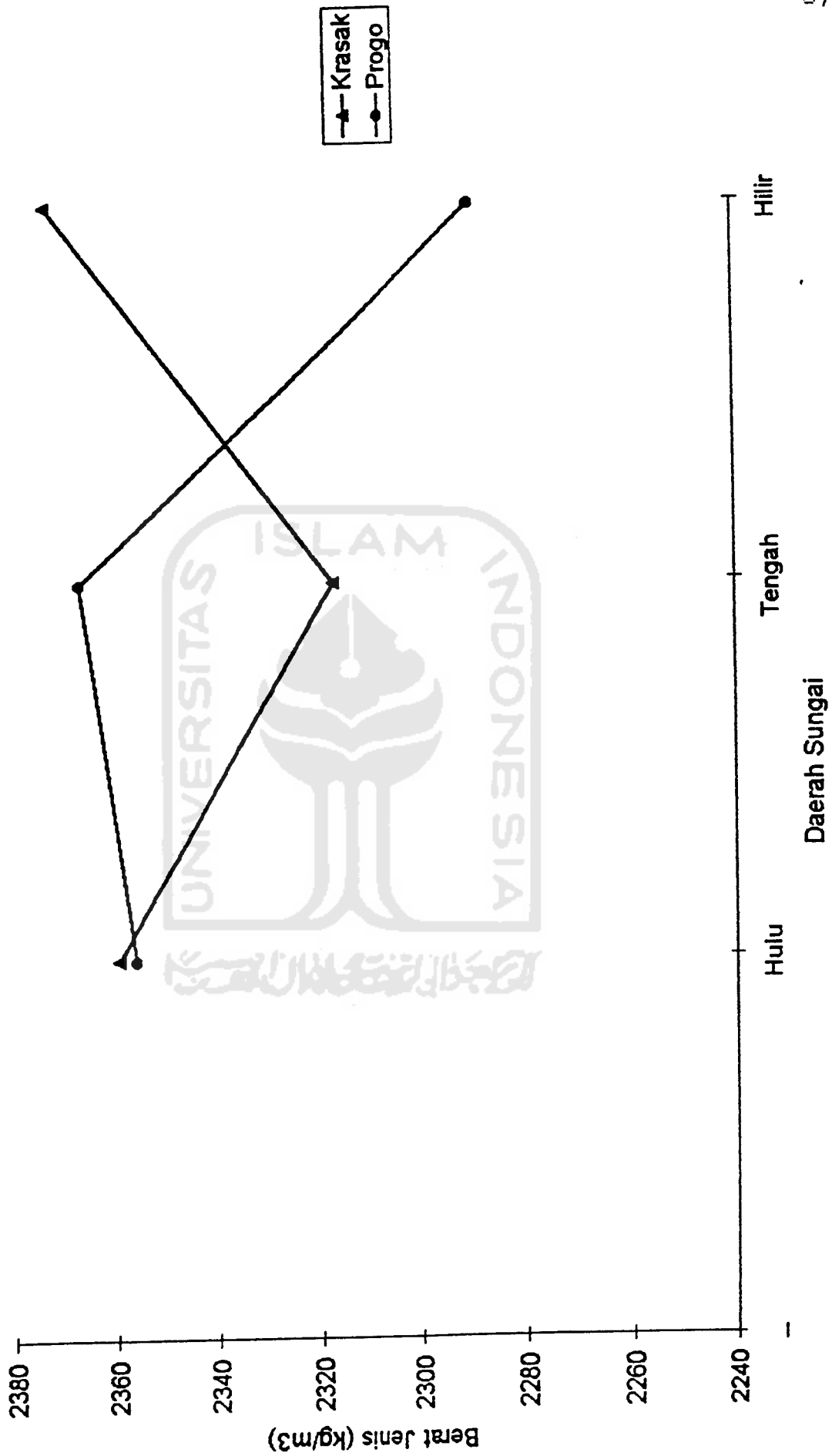
Untuk berat jenis beton, pada grafik 4.4 dan 4.5 berikut ini, terlihat ketika umur beton 7 hari pada sungai Progo Hulu berat jenis beton rata-ratanya lebih tinggi dari pada berat jenis beton dengan pasir dari sungai Krasak Hulu, tetapi pada waktu umur beton 28 hari berat jenis beton dengan pasir Progo Hulu menjadi lebih rendah dari Krasak Hulu. Hal ini dapat terjadi karena kurang telitinya pada waktu pengukuran volume dan penimbangan benda uji (kubus), sehingga mempengaruhi nilai berat jenis rata-rata yang dihasilkan.

Secara komparatif dapat dilihat, umumnya pasir dari sungai Krasak memiliki kuat tekan karakteristik yang lebih tinggi dibandingkan dengan beton yang menggunakan pasir dari sungai Progo. Bahkan untuk daerah tengah dan hilir sungai Progo, kuat tekan karakteristiknya tidak mencapai paling K-225 (Grafik 4.3). Tetapi pasir daerah ini masih memenuhi syarat untuk campuran beton, baik kandungan



Grafik 4.4. Berat Jenis Beton Rata-rata Dengan Variasi Asal Pasir Sungai Krasak dan Progo Pada Umur 7 Hari

lump
pers
sung
Pro
sifa
baik
sifa
dan



Grafik 4.5. Berat Jenis Beton Rata-rata Dengan Variasi Asal Pasir Sungai Krasak dan Progo Pada Umur 28 Hari

lumpur, gradasi maupun berat jenisnya masih memenuhi persyaratan PBBI 1971 NI-2.

Kuat tekan karakteristik beton dengan asal pasir sungai Krasak umumnya cukup tinggi dibandingkan sungai Progo (Grafik 4.3). Hal ini disebabkan karena pengaruh sifat dan karakteristik pasir dari sungai Krasak tersebut, baik kehalusan butir (MHB), ukuran gradasi maupun sifatsifat lainnya lebih baik dibandingkan dengan sifat dan karakteristik pasir dari sungai Progo.

