

5. Ir. Faisol AM, MS, selaku Pembimbing II yang telah memberikan pengarahan, pemikiran dan kesempatan hingga terselesainya Tugas Akhir ini.
6. Ir. Ilman Noor, MSCE, selaku Kepala Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Universitas Islam Indonesia.
7. Semua pihak yang telah banyak memberikan bantuan baik materiil maupun spirituil hingga selesainya Tugas Akhir ini.

Selanjutnya atas kekurangan yang banyak terdapat dalam penelitian Tugas Akhir ini, kami sangat mengharapkan kritik dan saran demi kesempurnaan penelitian selanjutnya.

Akhirnya, kami berharap semoga penelitian ini dapat bermanfaat bagi agama, masyarakat dan pembaca pada umumnya.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Yogyakarta, Oktober 1996

Penyusun

Tabel 3.2	Hasil Gradasi Agregat Kasar	35
Tabel 3.3	Persentase Kandungan Lumpur Pasir	39
Tabel 3.4	Hasil Gradasi Pasir Krasak Hulu	41
Tabel 3.5	Hasil Gradasi Pasir Krasak Tengah	43
Tabel 3.6	Hasil Gradasi Pasir Krasak Hilir	45
Tabel 3.7	Hasil Gradasi Pasir Progo Hulu	47
Tabel 3.8	Hasil Gradasi Pasir Progo Tengah	49
Tabel 3.9	Hasil Gradasi Pasir Progo Hilir	51
Tabel 3.9A	MHB Pasir Sungai Krasak Dan Progo	53
Tabel 3.10	Berat Jenis Pasir 6 Lokasi Asal Pasir	55
Tabel 3.11	Berat Jenis Beton Pasir Krasak Hulu	61
Tabel 3.12	Berat Jenis Beton Pasir Krasak Tengah	61
Tabel 3.13	Berat Jenis Beton Pasir Krasak Hilir	62
Tabel 3.14	Berat Jenis Beton Pasir Progo Hulu	62
Tabel 3.15	Berat Jenis Beton Pasir Progo Tengah	63
Tabel 3.16	Berat Jenis Beton Pasir Progo Hilir	63
Tabel 3.17	Hasil Uji Kuat Desak Beton Dengan Pasir Dari Krasak Hulu	64
Tabel 3.18	Hasil Uji Kuat Desak Beton Dengan Pasir Dari Krasak Tengah	65
Tabel 3.19	Hasil Uji Kuat Desak Beton Dengan Pasir Dari Krasak Hilir	65
Tabel 3.20	Hasil Uji Kuat Desak Beton Dengan Pasir Dari Progo Hulu	66

Tabel 3.21 Hasil Uji Kuat Desak Beton Dengan Pasir Dari Progo Tengah	66
Tabel 3.22 Hasil Kuat Uji Desak Beton Dengan Pasir Dari Progo Hilir	67
Tabel 3.23 Kuat Tekan Rata-rata Beton Dengan Pasir Asal Sungai Krasak Dan Progo	67
Tabel 4.1 Kuat Tekan Karakteristik Beton Dengan Pasir Krasak Hulu	72
Tabel 4.2 Kuat Tekan Karakteristik Beton Dengan Pasir Krasak Tengah	73
Tabel 4.3 Kuat Tekan Karakteristik Beton Dengan Pasir Krasak Hilir	74
Tabel 4.4 Kuat Tekan Karakteristik Beton Dengan Pasir Progo Hulu	75
Tabel 4.5 Kuat Tekan Karakteristik Beton Dengan Pasir Progo Tengah	76
Tabel 4.6 Kuat Tekan Karakteristik Beton Dengan Pasir Progo Hilir	77
Tabel 4.7 Kuat Tekan Karakteristik Beton Hasil Uji	78

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 3.1 Kurva Gradasi Agregat Kasar Yang Dipakai Untuk Campuran Beton	36
Gambar 3.2 Kurva Gradasi Pasir Asal Krasak Hulu	42
Gambar 3.3 Kurva Gradasi Pasir Asal Krasak Tengah	44
Gambar 3.4 Kurva Gradasi Pasir Asal Krasak Hilir	46
Gambar 3.5 Kurva Gradasi Pasir Asal Progo Hulu	48
Gambar 3.6 Kurva Gradasi Pasir Asal Progo Tengah	50
Gambar 3.7 Kurva Gradasi Pasir Asal Progo Hilir	52

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1 Hasil Pengujian Kuat Desak Beton Dengan Pasir Asal Sungai Krasak Dan Sungai Progo pada Umur 7 Dan 28 Hari	93

A	=	Luas benda uji
MHB	=	Modulus halus butir
bk	=	Berat cetakan
D	=	Diameter cetakan
T	=	Tinggi cetakan
bsk	=	Berat cetakan + kerikil
BJ	=	Berat jenis (kg/m^3)
W1	=	Berat pasir alami kering oven
W2	=	Berat pasir setelah dicuci dan kering oven
L	=	Persentase kandungan lumpur
SSD	=	Berat jenis jenuh kering muka
G	=	Berat pasir SSD
H1	=	Tinggi air standard pada gelas ukur
H2	=	Tinggi air standard setelah diisi pasir

beton (asam, zat organik dan sebagainya) lebih dari 15 gram / liter.

3. Tidak mengandung klorida (Cl) lebih dari 0,5 gram / liter.
4. Tidak mengandung senyawa sulfat lebih dari 1 gram / liter.

Untuk air perawatan, dapat dipakai juga air yang dipakai untuk pengadukan, tetapi harus yang tidak menimbulkan noda atau endapan yang dapat merusak warna permukaan hingga tidak sedap dipandang. Besi dan zat organik dalam air umumnya sebagai penyebab utama pengotoran atau perubahan warna, terutama jika perawatan cukup lama.

2.1.3. Agregat

Agregat adalah bahan-bahan campuran beton yang saling diikat oleh perekat semen. Dalam struktur beton biasanya agregat menempati kurang lebih 70 - 75% dari volume massa yang telah mengeras. Agregat pada umumnya diklasifikasikan sebagai agregat halus dan agregat kasar (Arthur H. Nilson dan George Winter, 1993).

Cara membedakan jenis agregat yang paling banyak dilakukan adalah dengan didasarkan pada ukuran butir-butirnya. Agregat yang mempunyai ukuran butir-butir besar disebut agregat kasar, sedangkan agregat yang berbutir kecil disebut agregat halus.

Dalam bidang teknologi beton nilai batas ukuran

Agregat untuk bahan bangunan sebaiknya dipilih yang memenuhi persyaratan sebagai berikut (Kardiono, 1993) :

1. Butir-butirnya tajam, kuat dan bersudut. Ukuran kekuatan agregat dapat dilakukan dengan pengujian ketahanan aus ("abration test") menggunakan mesin uji Los Angeles atau bejana Rudellof, dimana syarat maksimum bagian yang hancur lolos ayakan 1,7 mm adalah 50 %.
2. Tidak mengandung tanah atau kotoran lain yang lewat ayakan 0.075 mm. Pada agregat halus jumlah kandungan kotoran ini harus tidak lebih dari 5 %, sedangkan pada agregat kasar kandungan kotoran ini dibatasi sampai 1 %. Jika agrgegat mengandung kotoran lebih dari batas-batas maksimum maka harus dicuci terlebih dahulu sebelum dipakai.
3. Tidak mengandung garam yang menghisap air dari udara.
4. Tidak mengandung zat organik.
5. Mempunyai variasi besar butir (gradasi) yang baik sehingga rongganya sedikit. Untuk pasir modulus halus butir (MHB) berkisar antara 1,5 - 3,8 , sehingga hanya memerlukan pasta semen yang sedikit.
6. Bersifat kekal, tidak hancur atau berubah karena cuaca.
7. Untuk beton dengan tingkat keawetan yang tinggi, agregat harus punya tingkat reaktif yang negatif terhadap alkali.
8. Untuk agregat kasar, tidak boleh mengandung butiran-butiran yang pipih dan panjang lebih dari 20 % dari berat keseluruhan.

pada umumnya berbutir halus, bulat-bulat akibat proses gesekan. Daya lekat antar butiran agak kurang karena bentuk butir yang bulat.

3. Pasir Laut

Pasir laut ialah pasir yang diambil dari pantai. Butir-butirnya halus dan bulat karena gesekan. Pasir ini merupakan pasir yang jelek, karena banyak mengandung garam-garaman. Garam-garaman ini menyerap kandungan air dari udara dan mengakibatkan pasir selalu agak basah dan juga menyebabkan pengembangan bila sudah menjadi bangunan. Oleh karena itu pasir laut sebaiknya jangan dipakai.

Sedangkan agregat halus atau pasir buatan diperoleh dengan cara memecah batu menjadi berukuran butiran yang diinginkan.

2.1.3.2. Agregat Kasar (Kerikil / split)

Agregat kasar adalah kerikil sebagai hasil disintegrasi alami dari batu atau berupa batuh pecah yang diperoleh dari pemecah batu dan mempunyai ukuran 5 - 40 mm (Kusuma Gideon dan WC. Vis, 1993).

Berdasarkan berat jenisnya, agregat kasar dapat dibedakan atas 3 golongan (Kardiono Tjokromulyo, 1993), yaitu :

1. Agregat Normal

Agregat yang berat jenisnya antara 2,5 - 2,7 gr/cm^3 , agregat ini biasanya berasal dari agregat basalt,

2.2. Gradasi Agregat

Gradasi agregat adalah distribusi ukuran butiran dari agregat. Bila butir-butir agregat mempunyai nilai yang sama (seragam) volume pori akan besar. Sebaliknya bila ukuran butir-butirnya bervariasi akan terjadi volume pori yang kecil. Hal ini karena butiran yang kecil mengisi pori diantara butiran yang lebih besar, sehingga pori-porinya menjadi sedikit, dengan kata lain kemampatannya tinggi.

Pada agregat untuk pembuatan mortar atau beton diinginkan butiran yang kemampatannya tinggi, karena volume porinya sedikit, dan ini berarti hanya membutuhkan bahan ikat sedikit saja (bahan ikat mengisi pori antara butir-butir agregat, bila volume pori sedikit berarti bahan ikat sedikit pula).

Sebagai pernyataan gradasi dipakai nilai persentase dari berat butiran yang tertinggal atau lewat di dalam suatu ayakan. Susunan ayakan itu ialah ayakan dengan lubang : 38 mm, 19 mm, 9,6 mm, 4,80 mm, 2,40 mm, 1,20 mm, 0,60 mm, 0,30 mm dan 0,15 mm.

Secara teoritis gradasi agregat yang terbaik adalah yang didasarkan pada karakteristik butir-butir agregatnya. Menurut peraturan di Inggris (British Standard) yang juga dipakai di Indonesia saat ini, kekasaran butiran dapat dibagi menjadi 4 kelompok menurut gradasinya, yaitu pasir halus, agak halus, agak kasar dan kasar, sebagai mana tampak pada tabel 2.1.

dalam tingkat ini agregat masih sedikit mengisap air.

c. Jenuh Kering Muka

Pada tingkat ini tidak ada air di permukaan tetapi butir-butirnya berisi air sejumlah yang dapat diserap. Dengan demikian butir-butir agregat pada tahap ini tidak menyerap dan juga tidak menambah jumlah air bila dipakai dalam campuran adukan beton.

d. Basah

Pada tingkat ini butir-butir mengandung banyak air, baik di permukaan maupun di dalam butiran, sehingga bila dipakai untuk campuran akan memberi air.

Dari keempat keadaan tersebut di atas, hanya dua keadaan yang sering dipakai dalam dasar hitungan, ialah kering tungku dan jenuh kering muka, karena konstan untuk agregat tertentu. Adapun kering udara dan basah sangat bervariasi karena dipengaruhi oleh lingkungan dan merupakan keadaan sebenarnya di lapangan.

Keadaan jenuh kering muka (Saturated Surface Dry / SSD) lebih disukai sebagai standar, karena :

1. Merupakan keadaan kebasahan agregat yang hampir sama dengan agregat dalam beton, sehingga agregat tidak akan menambah atau mengurangi air dari pastinya.
2. Kadar air di lapangan lebih banyak mendekati keadaan SSD daripada yang kering tungku.

3. Efisiensi Peralatan (*curing*)

Kehilangan kekuatan sampai sekitar 40 % dapat terjadi bila pengeringan diadakan sebelum waktunya.

4. Faktor umur

Pada keadaan yang normal kekuatan beton bertambah sesuai dengan umurnya. Pengerasan berlangsung terus secara lambat sampai beberapa tahun.

5. Mutu agregat

Pada kenyataannya kekuatan atau ketahanan aus (abrasi) agregat, besar pengaruhnya terhadap kuat desak beton.

Untuk mendapatkan kuat desak beton karakteristik harus diperhatikan faktor bentuk dan umur benda uji. Oleh karena benda uji yang digunakan adalah kubus berukuran 15x15x15 cm, maka faktor bentuk adalah satu.

Penyebaran dari hasil kuat desak akan kecil atau besar tergantung pada tingkat kesempurnaan pelaksanaannya, dengan menganggap nilai-nilai dari hasil pemeriksaan tersebut juga merupakan indikator pelaksanaan, nilai penyebaran ini yang disebut deviasi standar.

$$\sigma'_b = \frac{P}{A} \quad (2.1)$$

$$S_d = \sqrt{\frac{\sum_{1}^n (\sigma'_b - \sigma'_b m)^2}{N - 1}} \quad (2.2)$$

Tabel 2.13A. Ukuran maksimum agregat (mm)

Dimensi minimum	Balok/Kolom	Plat
62,5	12,5	20
150	40	40
300	40	80
750	80	80

4. Menentukan jumlah air yang diperlukan berdasarkan ukuran maksimum agregat dan nilai slump (Tabel 2.14).

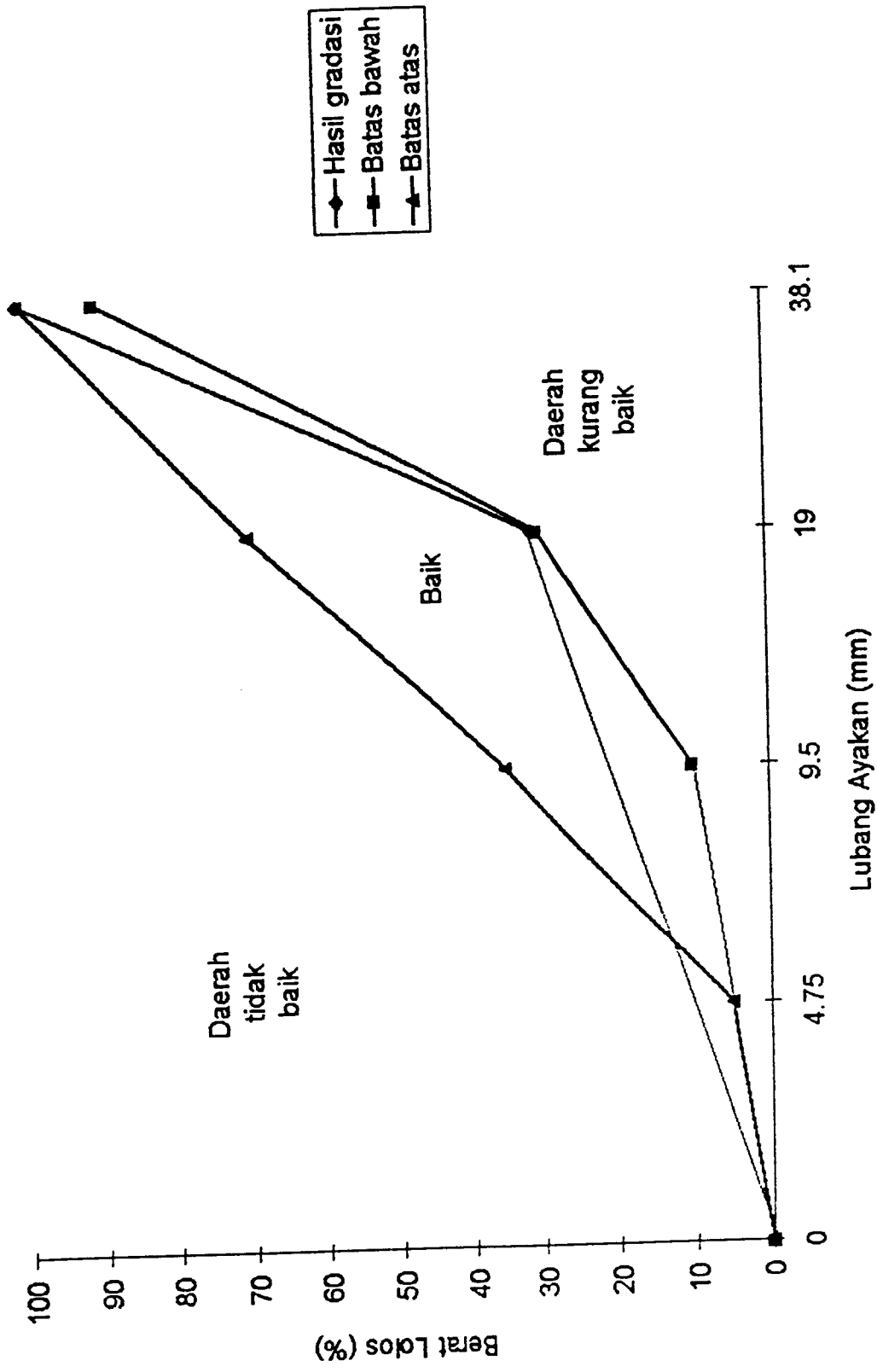
Tabel 2.14 Perkiraan kebutuhan air berdasarkan nilai slump

Slump (mm)	Ukuran agregat maksimum (mm)		
	10	20	40
25 - 50	206	182	162
75 - 100	226	203	177
150 - 175	240	212	188
Udara terperangkap	3 %	2 %	1 %

5. Menghitung berat semen yang diperlukan, berdasarkan hasil langkah (2) dan (4) diatas.
6. Menetapkan volume agregat kasar yang diperlukan persatuan volume beton berdasarkan ukuran agregat maksimum dan nilai modulus halus agregat halus (Tabel 2.15).

Tabel 2.15. Volume agregat tiap satuan volume adukan beton

Ukuran Maks. (mm)	Volume Agregat SSD Untuk Berbagai Nilai MHB			
	2,4	2,6	2,8	3
10	0,46	0,44	0,42	0,40
20	0,65	0,63	0,61	0,59
40	0,76	0,74	0,72	0,70
80	0,84	0,82	0,80	0,78
150	0,90	0,88	0,86	0,84



Gambar 3.1. Kuva Gradasi Agregat Kasar Yang Dipakai Untuk Campuran Beton

3.4.1. Pemeriksaan Kadar Lumpur

Tujuan dari pemeriksaan ini adalah mengetahui besarnya kadar lumpur yang terkandung oleh agregat halus yang akan dipergunakan sebagai campuran adukan beton. Kadar lumpur yang dikandung oleh agregat halus ini tidak boleh lebih dari 5 %.

Adapun cara pemeriksaan kadar lumpur dalam pasir adalah sebagai berikut :

1. Diambil pasir kering oven yang lolos saringan 4,75 mm dengan ditimbang seberat 100 gram (W1)
2. Pasir dimasukkan ke dalam gelas ukur 250 cc, dituangkan air ke dalamnya sehingga tinggi air tersebut mencapai 12 cm di atas permukaan pasir
3. Campuran air dan pasir tersebut sampai kurang lebih 10 kali, air yang kotor dibuang akan tetapi jangan sampai ada butiran pasir yang terbang. Hal ini dilakukan sampai air dalam gelas ukur menjadi jernih
4. Tuangkan pasir yang telah dicuci tersebut dalam van aluminium, air yang ikut terbawa dibuang dengan menggunakan pipet
5. Masukkan van dan pasir tersebut ke dalam oven selama 24 jam dengan suhu 120° Celcius
6. Setelah dikeringkan ambil pasir dari oven dan dimasukkan ke dalam desikator agar tercapai suhu kamar, kemudian ditimbang beratnya (W2).

3.4.2. Analisis Saringan dan Modulus Halus Butir

Analisis saringan bertujuan untuk mengetahui variasi butiran (gradasi) agregat halus dan menentukan modulus halus butir (MHB) dengan menggunakan saringan.

Adapun cara pelaksanaan analisis saringan dan Modulus Halus Butir sebagai berikut :

1. Siapkan agregat halus (pasir) sebanyak 1000 gram
2. Pasang susunan ayakan sesuai aturan diameter butiran maksimum dari atas ke bawah yaitu 9,5 mm, 4,75 mm, 2,36 mm, 1,18 mm, 0,60 mm, 0,3 mm, 0,15 mm , PAN
3. Tumpahkan contoh pasir ke susunan ayakan paling atas dan ditutup rapat-rapat
4. Goyangkan rangkaian ayakan tersebut dengan mesin penggerak selama \pm 5 menit
5. Tumpahkan sisa masing-masing butiran yang tidak lolos saringan pada masing-masing van dan ditimbang.

Hasil pemeriksaan berat jenis dan Modulus Halus Butir dari 6 lokasi asal agregat halus (pasir) dapat dilihat pada tabel-tabel berikut ini.

Tabel 3.7. Hasil gradasi pasir pada bagian hulu sungai Progo dibandingkan dengan syarat ASTM (C33-71 a)

No	Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertahan		Berat Tertahan	Berat Lolos	Syarat ASTM
		Gram	(%)	Kumulatif (%)	Kumulatif (%)	C33-71a (%)
1.	4,75	0	0	0	100	95 - 100
2.	2,36	116	11,6	11,6	88,4	80 - 100
3.	1,18	251	25,1	36,7	63,3	50 - 85
4.	0,60	338	33,8	70,5	29,5	26 - 60
5.	0,30	130	13,0	83,5	16,5	10 - 30
6.	0,15	102	10,2	93,7	6,3	2 - 10
7.	PAN	63	6,3	-	-	0 - 2
Jumlah		1000	100	296,0	-	-

Perhitungan Modulus Halus Butir (MHB)

$$\begin{aligned}
 \text{MHB} &= \frac{\% \text{ Kumulatif Berat Tertahan}}{\% \text{ Berat Tertahan}} \\
 &= \frac{296,0}{100} = 2,96
 \end{aligned}$$

Grafik kurva gradasi pasir alami dari sungai Progo Hulu ini dapat dilihat pada gambar 3.5 berikut ini.

Tabel 3.9. Hasil gradasi pasir pada bagian hilir sungai Progo dibandingkan dengan syarat ASTM (C33-71 a)

No	Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertahan		Berat Tertahan Kumulatif (%)	Berat Lolos Kumulatif (%)	Syarat ASTM C33-71a (%)
		Gram	(%)			
1.	4,75	0	0	0	100	95 - 100
2.	2,36	16	1,6	1,6	98,4	80 - 100
3.	1,18	145	14,5	16,1	83,9	50 - 85
4.	0,60	578	57,8	73,9	26,1	26 - 60
5.	0,30	212	21,2	95,1	4,9	10 - 30
6.	0,15	32	32,0	98,3	1,7	2 - 10
7.	PAN	17	17,0	-	-	0 - 2
Jumlah		1000	100	285,0	-	-

Perhitungan Modulus Halus Butir (MHB)

$$\begin{aligned}
 \text{MHB} &= \frac{\% \text{ Kumulatif Berat Tertahan}}{\% \text{ Berat Tertahan}} \\
 &= \frac{285,0}{100} = 2,85
 \end{aligned}$$

Grafik kurva gradasi pasir alami dari sungai Progo Hilir ini dapat dilihat pada gambar 3.3 berikut ini.

keringkan di udara panas dengan cara membalik-balikkan benda uji. Hal ini dilakukan sampai terjadi kering permukaan jenuh

4. Periksa keadaan kering permukaan jenuh (SSD), pasir dimasukkan ke dalam kerucut terpancung, padatkan dengan menumbuk sebanyak 25 kali
5. Kerucut terpancung (Cone) diangkat, keadaan kering permukaan jenuh tercapai bila benda uji runtuh, tapi masih dalam keadaan tercetak
6. Bila pasir dalam keadaan SSD diambil sample 400 gram (G)
7. Siapkan gelas ukur 1000 cc kemudian diisi air sebanyak 500 cc (H1)
8. Sampel pasir dimasukkan ke dalam gelas ukuran dan diukur kenaikan airnya (H2).
9. BJ pasir diperoleh dengan rumus :

$$BJ = \frac{G}{H2 - H1}$$

Hasil pemeriksaan berat jenis dari ke-6 lokasi asal agregat halus (pasir) dapat dilihat dalam tabel 3.10 berikut.

5. Menentukan kebutuhan semen

$$\begin{aligned}
 \text{- berat semen (PC)} &= \frac{\text{berat air}}{\text{fas}} \\
 &= \frac{177}{0,495} \\
 &= 357,697 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

6. Menentukan kebutuhan agregat kasar

- berdasarkan tabel 2.15, untuk diameter maksimum agregat kasar = 40 mm, mhb pasir = 2,95 dan BJ agregat kasar = 1,424 t/m³, didapat volume agregat kasar (interpolasi) = 0,705 m³.

$$\begin{aligned}
 \text{- berat agregat kasar} &= 0,705 \\
 \times 1,424 &= 1,0039 \text{ T} = 1003,9 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{- Volume agregat kasar} &= \frac{1,0039}{2,68} = 0,375 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{- volume PC} &= \frac{0,3577}{3,15} = 114 \text{ lt} = 0,114 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

b. Perbandingan Volume

$$\begin{aligned} \text{Volume PC} &= 0,114 \text{ m}^3 \\ \text{Volume pasir} &= 0,284 \text{ m}^3 \\ \text{Volume krikil} &= 0,415 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Perbandingan campuran} &= \text{PC} : \text{Pasir} : \text{Krikil} \\ &= 1 : 2,49 : 3,64 \end{aligned}$$

Secara keseluruhan, kebutuhan bahan-bahan penyusun campuran beton dengan variasi pasir dari sungai krasak dan sungai progo, dapat dilihat pada tabel 3.11 berikut ini.

Tabel 3.11 Proporsi bahan campuran beton tiap m^3 dengan variasi pasir asal sungai krasak dan sungai progo.

Asal Pasir	Mhb	BJ	Berat Air (kg)	Berat Semen (kg)	Berat Pasir (kg)	Berat Krikil (kg)	Perbandingan Campuran
Krasak Hulu	2,95	2,50	177,00	357,69	810,20	1003,90	1 : 2,26 : 2,81
Krasak Tengah	2,87	2,67	177,00	357,69	854,40	1015,30	1 : 2,38 : 2,84
Krasak Hilir	2,62	2,67	177,00	357,69	851,70	1019,60	1 : 2,38 : 2,85
Progo Hulu	2,67	2,67	177,00	357,69	867,70	1002,50	1 : 2,42 : 2,80
Progo Tengah	2,75	2,75	177,00	357,69	893,70	1002,50	1 : 2,49 : 2,80
Progo Hilir	2,85	2,86	177,00	357,69	915,20	1018,20	1 : 2,56 : 2,85

3.6. Pembuatan Benda Uji

Benda uji dibuat berupa kubus beton sebanyak 120 buah, dengan perincian tiap-tiap lokasi asal agregat halus (pasir) dibuat 20 buah sampel. Faktor air semen yang dipakai untuk campuran adukan beton adalah tetap yaitu 0,495.

Nilai slump yang direncanakan untuk campuran adukan beton berkisar antara 7,5 s/d 10 cm. Dari 20 sampel benda uji, pengujiannya dibagi menjadi 2 bagian. Sepuluh (10) sampel diuji pada umur beton 7 hari dan 10 sampel lainnya diuji pada umur beton 28 hari.

Tabel 3.13 Berat Jenis beton dengan asal pasir Krasak Hilir

No	Umur (hari)	Berat (kg)	Volume (cm ³)	Berat Jenis (kg/m ³)	BJ Rata-rata (kg/m ³)
1	7	8,31	3426,32	2425,34	2400,222
2	7	8,35	3408,77	2449,56	
3	7	8,59	3583,76	2396,92	
4	7	8,55	3648,36	2343,58	
5	7	8,45	3493,75	2418,61	
6	7	8,45	3590,73	2353,28	
7	7	8,42	3443,40	2445,26	
8	7	8,21	3468,15	2367,26	
9	7	8,37	3484,22	2402,26	
10	7	8,34	3474,78	2400,15	
11	28	8,10	3518,68	2301,99	2371,454
12	28	8,17	3546,50	2303,68	
13	28	8,49	3525,71	2408,03	
14	28	8,50	3600,52	2360,77	
15	28	8,34	3465,00	2406,93	
16	28	8,49	3502,28	2424,13	
17	28	8,22	3527,88	2330,01	
18	28	8,52	3427,07	2486,09	
19	28	8,16	3487,78	2339,59	
20	28	8,28	3518,59	2353,52	

Tabel 3.14 Berat Jenis beton dengan asal pasir Progo Hulu

No	Umur (hari)	Berat (kg)	Volume (cm ³)	Berat Jenis (kg/m ³)	BJ Rata-rata (kg/m ³)
1	7	8,17	3509,45	2328,00	2338,312
2	7	8,17	3518,38	2322,09	
3	7	8,37	3562,54	2349,45	
4	7	8,37	3507,05	2392,97	
5	7	8,28	3536,88	2360,96	
6	7	8,47	3474,78	2394,77	
7	7	8,28	3567,51	2382,88	
8	7	7,90	3567,51	2214,43	
9	7	8,19	3518,59	2327,64	
10	7	8,37	3623,49	2309,93	
11	28	8,29	3470,23	2388,89	2355,738
12	28	8,12	3438,32	2361,62	
13	28	8,25	3580,51	2304,14	
14	28	8,52	3518,38	2421,57	
15	28	8,46	3513,79	2407,66	
16	28	8,50	3438,32	2472,14	
17	28	8,06	3426,94	2351,95	
18	28	8,33	3621,25	2300,31	
19	28	8,94	3525,71	2252,03	
20	28	8,14	3543,65	2297,07	

Tabel 3.15 Berat Jenis beton dengan asal pasir Progo Tengah

No	Umur (hari)	Berat (kg)	Volume (cm ³)	Berat Jenis (kg/m ³)	BJ Rata-rata (kg/m ³)
1	7	8,48	3376,56	2511,43	2373,647
2	7	8,46	3647,35	2319,49	
3	7	8,34	3484,22	2393,65	
4	7	8,34	3449,55	2417,71	
5	7	8,57	3546,54	2416,44	
6	7	8,11	3574,49	2268,85	
7	7	8,28	3468,15	2387,44	
8	7	8,26	3495,59	2362,98	
9	7	8,09	3504,94	2308,17	
10	7	8,27	3518,68	2350,31	
11	28	8,06	3578,69	2252,22	2365,893
12	28	8,68	3495,59	2483,13	
13	28	8,16	3525,71	2314,43	
14	28	8,22	3484,13	2359,27	
15	28	8,23	3504,94	2348,11	
16	28	8,38	3511,25	2386,61	
17	28	8,52	3375,00	2524,44	
18	28	8,35	3493,29	2390,29	
19	28	8,17	3592,97	2273,85	
20	28	8,24	3541,68	2326,58	

Tabel 3.16 Berat Jenis beton dengan asal pasir Progo Hilir

No	Umur (hari)	Berat (kg)	Volume (cm ³)	Berat Jenis (kg/m ³)	BJ Rata-rata (kg/m ³)
1	7	8,28	3558,14	2327,06	2304,542
2	7	8,14	3597,81	2262,49	
3	7	7,93	3543,65	2237,81	
4	7	8,23	3548,74	2319,13	
5	7	8,20	3575,73	2293,24	
6	7	8,37	3623,49	2309,93	
7	7	8,19	3532,49	2318,48	
8	7	8,17	3504,94	2330,99	
9	7	8,28	3592,97	2304,50	
10	7	8,24	3518,68	2341,79	
11	28	8,12	3548,74	2288,14	2288,785
12	28	8,09	3516,12	2300,83	
13	28	7,94	3525,71	2252,03	
14	28	7,90	3567,51	2214,43	
15	28	8,21	3702,34	2217,52	
16	28	8,19	3518,59	2327,64	
17	28	8,33	3621,25	2300,31	
18	28	8,24	3518,68	2341,79	
19	28	8,35	3493,29	2390,29	
20	28	7,95	3525,71	2254,87	

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 4.5 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	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	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:

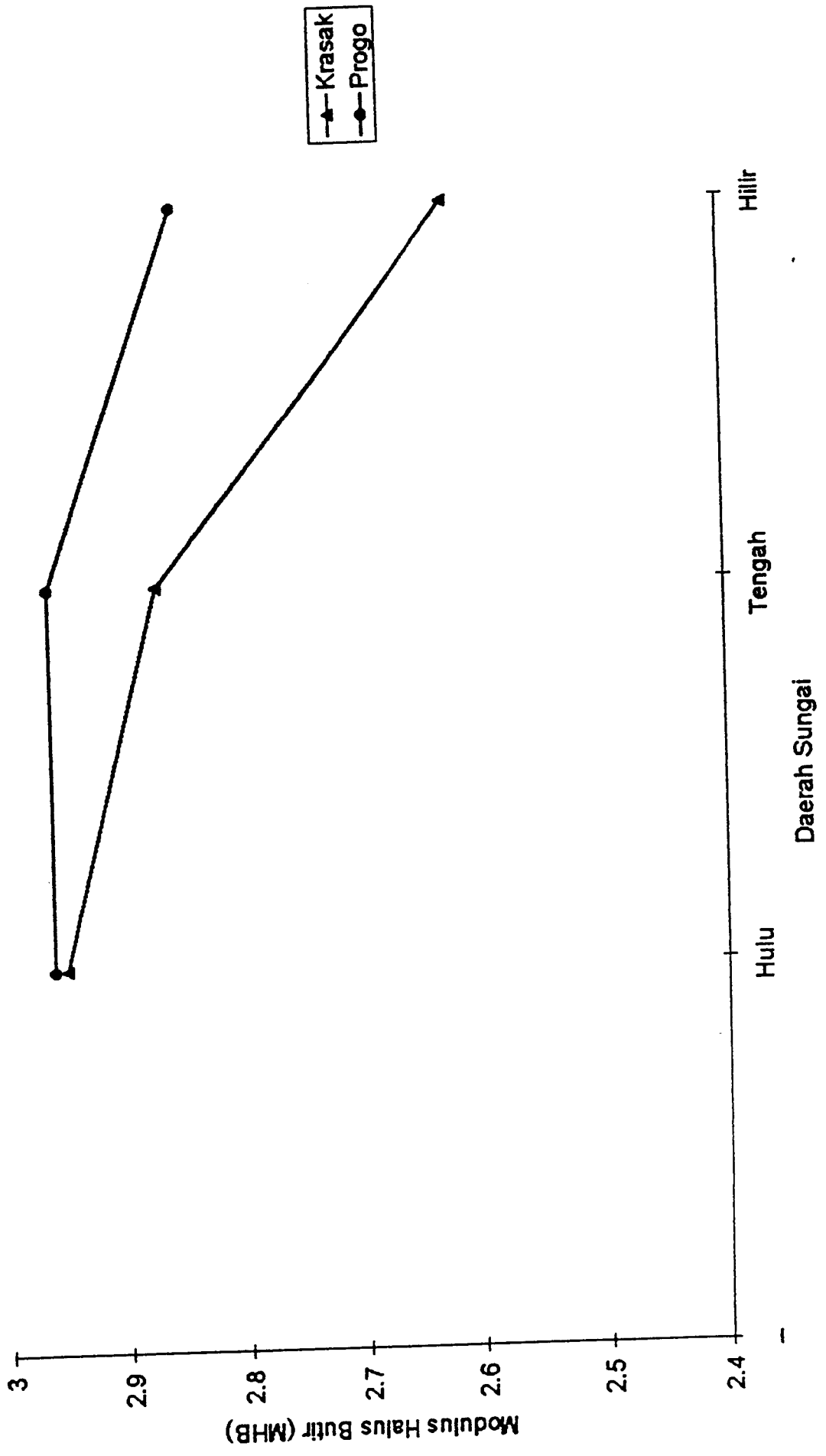
Tabel 4.7 Kuat tekan karakteristik beton hasil uji

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

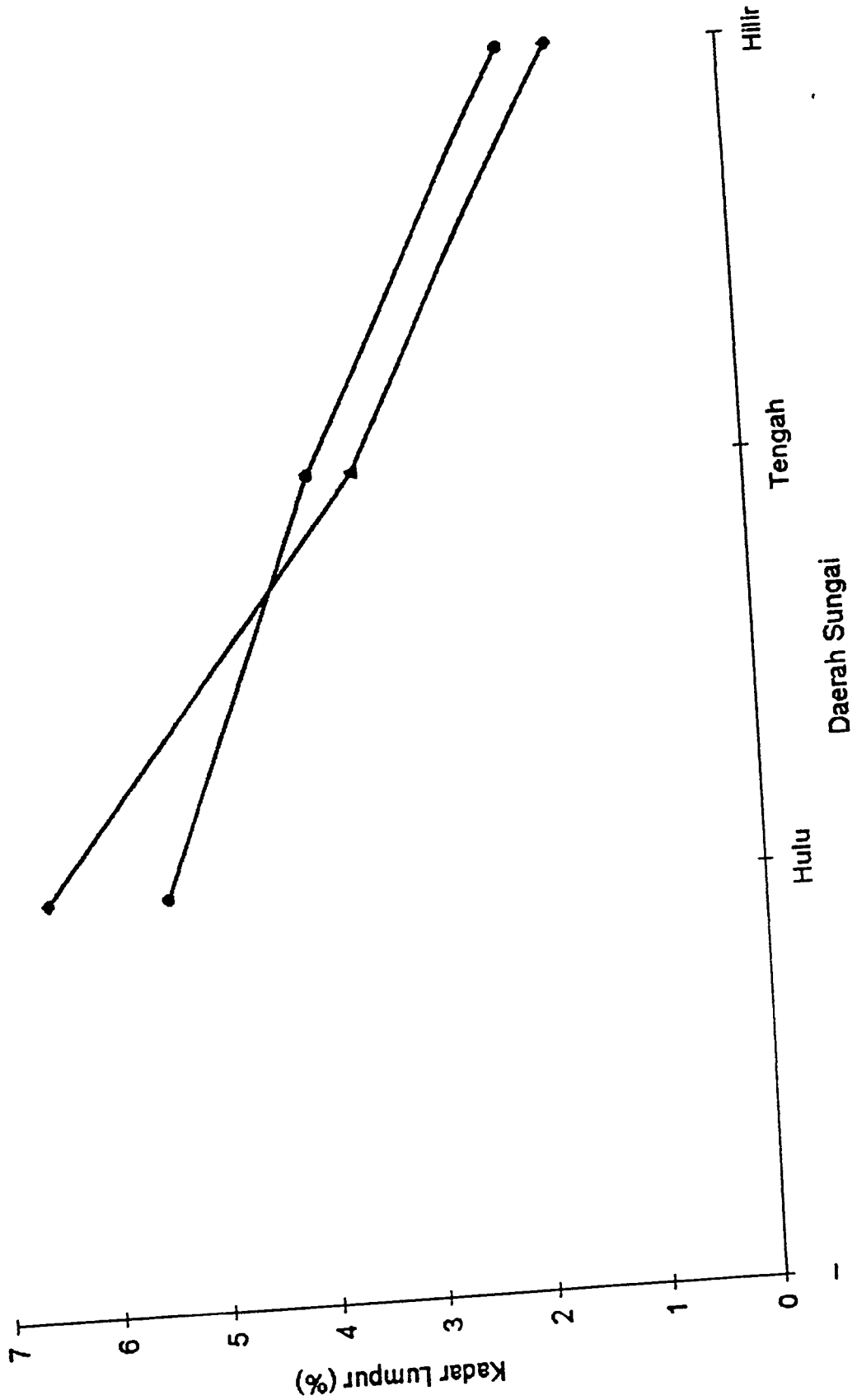
4.3 Pembahasan

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.

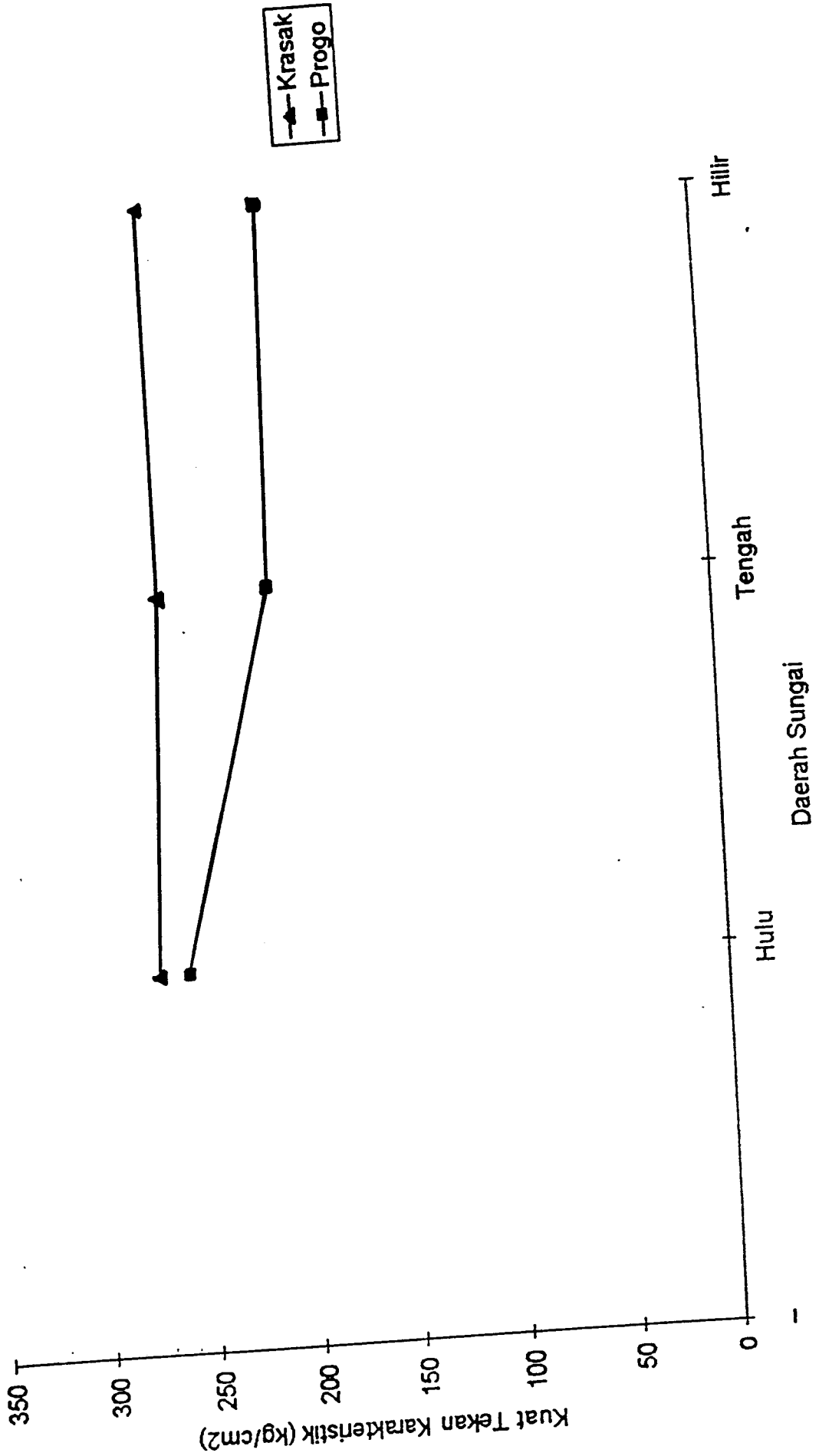
Dilihat dari kurva gradasi yang dihasilkan dari penelitian ini (Gambar 3.4 s/d Gambar 3.9), tampak bahwa semua pasir dari berbagai variasi asal (Krasak hulu, Krasak tengah, Krasak hilir dan Progo Hulu, Progo tengah



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



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



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

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.