

Bangunan Tenaga Air: Garis Masa Debit

Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan
Fakultas Teknik UGM

oleh

Djoko Luknanto

Garis Masa Debit

Selain dua variabel utama BTA yaitu Q dan H , variabel berikutnya yang penting adalah t yaitu lama (masa) tersedianya Q sungai.

Untuk variabel tinggi energi H , biasanya tidak banyak berubah karena ditentukan oleh kondisi alam yang sudah tetap, misalkan kontur lokasi BTA.

Sedangkan variabel Q (debit sungai) bersifat stokastik (tidak tentu) dipengaruhi oleh kondisi hidrologis; demikian pula dengan waktu (masa, t) ketersediaan debit terkait.

Tiga variabel di atas: Q , H , dan t inilah yang akan mempengaruhi produksi energi listrik sebuah BTA.

Oleh karena dibutuhkan analisis t - Q pada suatu sungai yang akan dibangun BTA. Analisis semacam ini biasanya dinyatakan dalam Garis Masa Debit (GMD) atau Kurva Masa Debit (KMD).

Pembentukan Garis Masa Debit

Dengan GMD dapat diketahui ketersediaan (t) untuk sembarang nilai Q

Garis Masa Debit (GMD)
(Flow Duration Curve)

Garis masa debit dibentuk dengan menyusun besar debit dalam jangka waktu tertentu (t) yang disusun dari Q_{maks} sampai Q_{min} sebagai ordinat dan waktu atau Q waktu sebagai absis

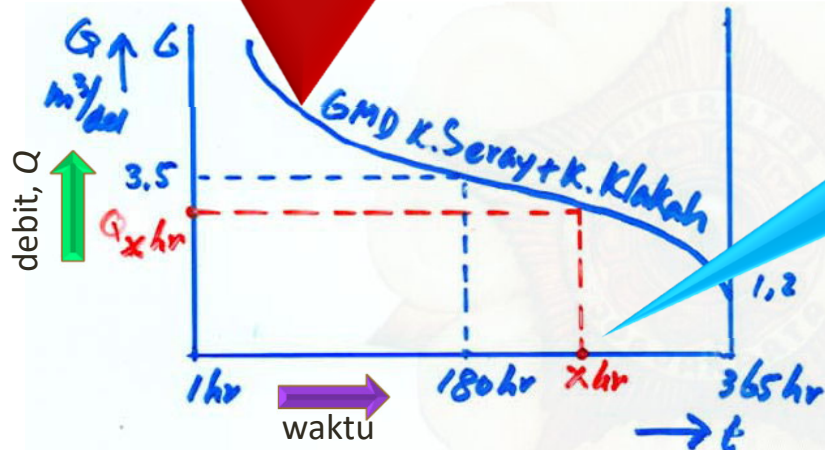
Konstruksinya dapat secara $\left\{ \begin{array}{l} \text{grafis (Gb. TA-10)} \\ \text{tabel (Gb. TA-11)} \end{array} \right.$

Mis. K. Serayu + K. Klakah
untuk PLTA Garung.

Pembentukan Garis Masa Debit

Bentuk umum GMD

1. Sumbu datar untuk t
2. Sumbu vertikal untuk Q



Biasa disebut
Q andalan

Def. $Q_{x \text{ hari}}$ = suatu debit yang selama x hari paling sedikit didamai oleh debit sungai (umumnya di lebih)

Kriteria Praktis untuk Eksploitasi Tenaga Air

$$\frac{Q_{\max}}{Q_{\min}} \leq 10$$

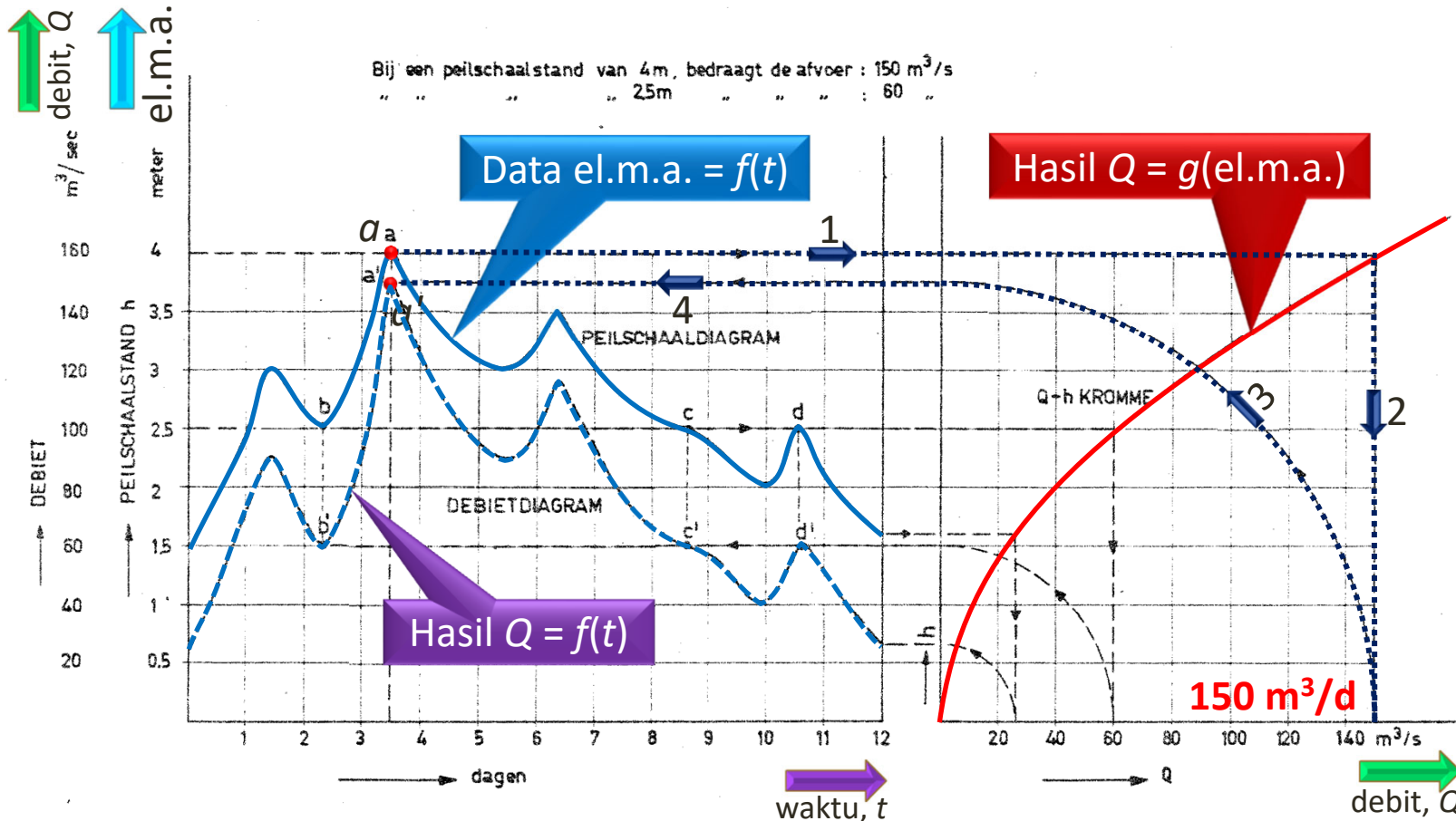
Nilai rasio
semakin kecil
semakin baik

Contoh:

Sungai	Q_{\max}/Q_{\min}	
La Marone	50	Jelek
Larona	8	Baik
Asahan	6	Baik
Stuvalutaälo	6	Baik
Citarum	425	Jelek
Serayu + Klakah	5	Baik

T9: Pencatatan Debit Sungai

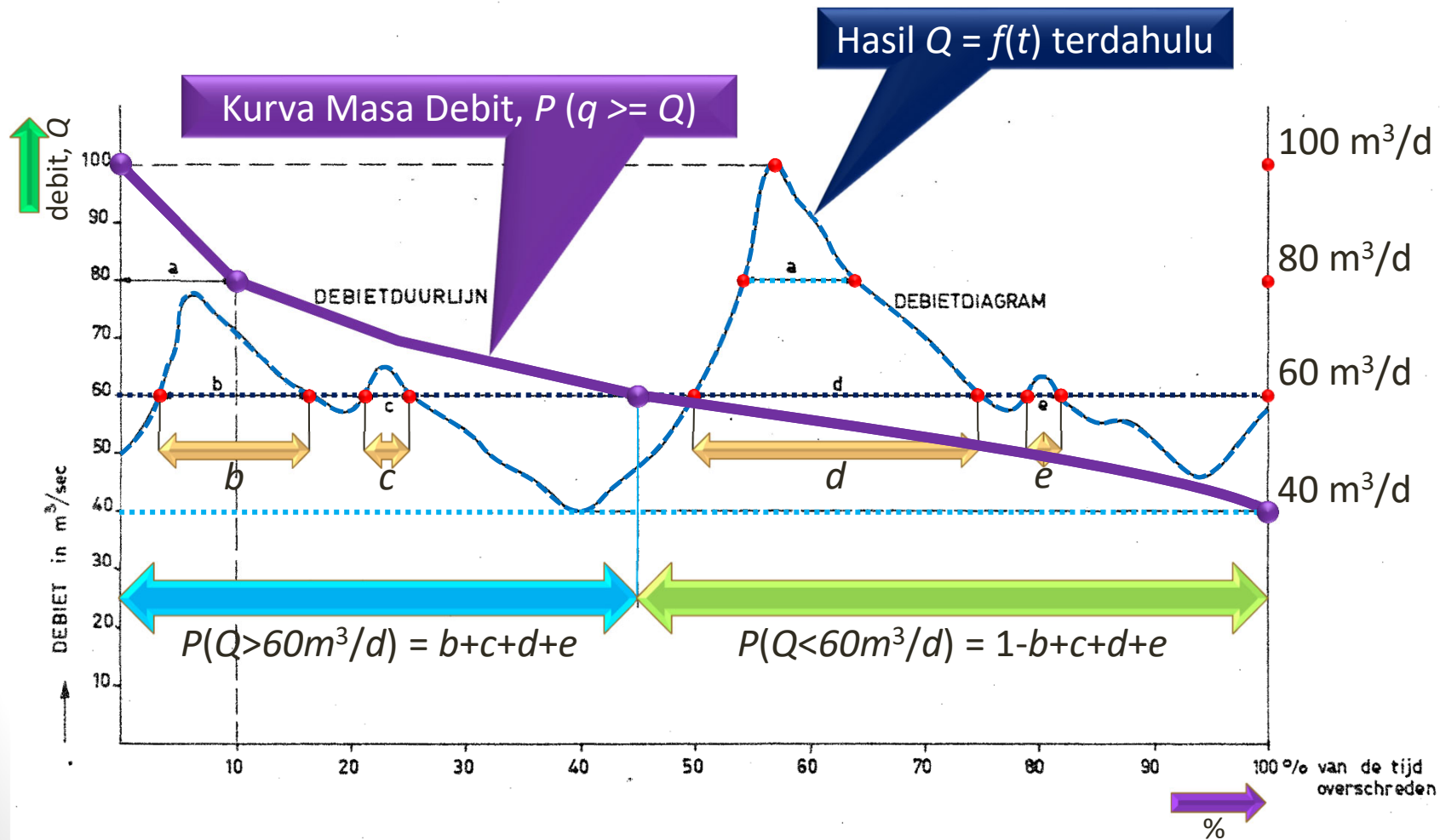
GRAFISCHE BEPALING VAN HET DEBIETDIAGRAM UIT HET PEILSCHAALDIAGRAM MET BEHULP VAN DE Q-h KROMME.



Prosedur untuk mengubah el.m.a (Titik a) menjadi Q (Titik a') diulang-ulang sampai diperoleh hasil berupa kurva Q sepanjang waktu (t).

T10: Kurva Masa Debit Sungai

GRAFISCHE BEPALING VAN DE DEBIETDUURLIJN UIT HET DEBIETDIAGRAM



UIT DE DUURLIJN IS AF TE LEZEN DAT BIJVOORBEELD
EEN DEBIET VAN $80 m^3/sec$ GEURENDE 10% v.d. TIJD IS OVSCHREDEN.

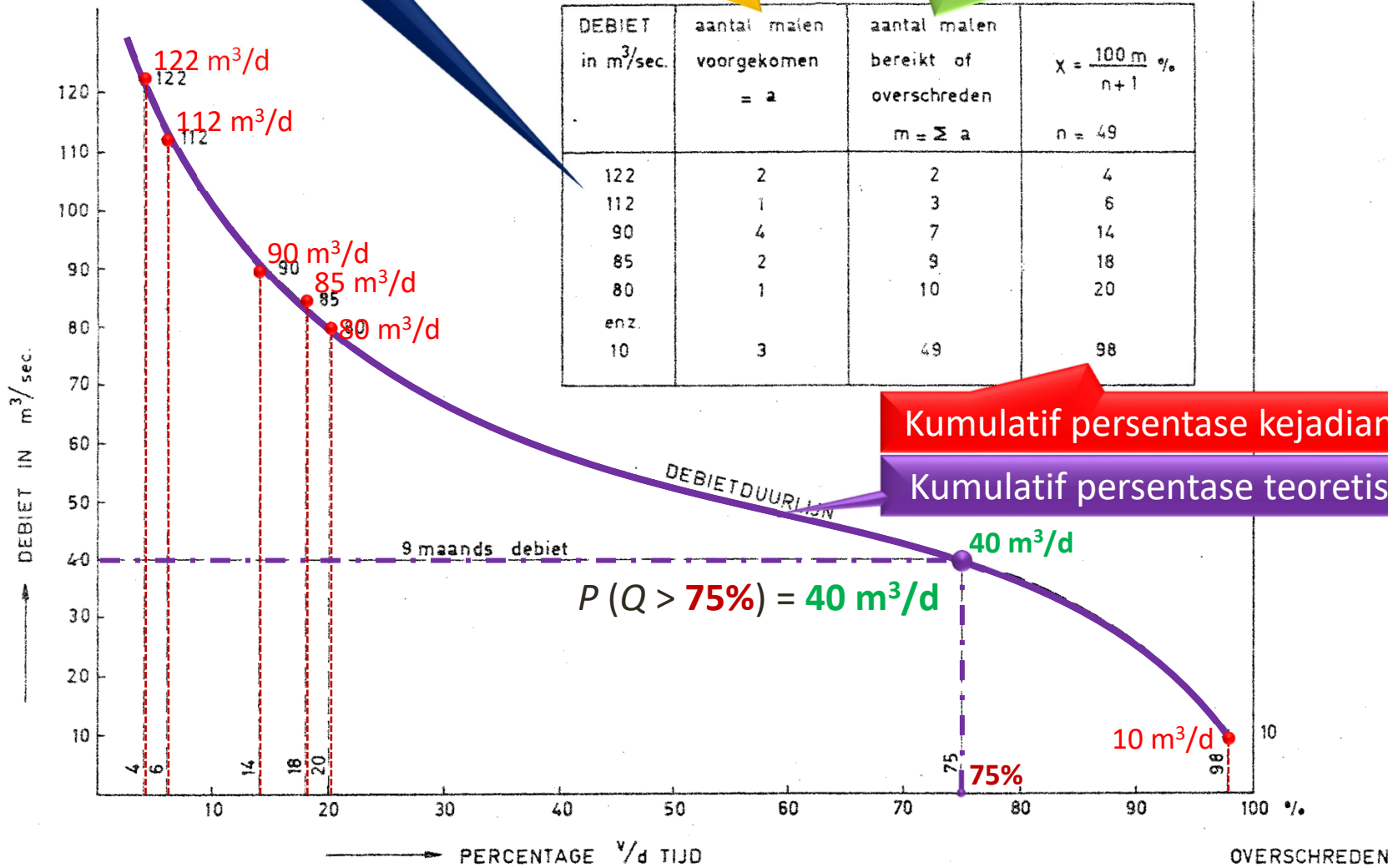
T11: Kurva Masa Debit Sungai

CONSTRUKSI

Data $Q = f(t)$

Frekwensi kejadian

Kumulatif frekwensi kejadian



Kumulatif persentase kejadian

Kumulatif persentase teoretis

Kurva Masa Debit Sungai di AS

Run Off	f (jumlah kejadian)	$m = \sum f$ (jumlah hari \geq)	$p (\geq)$	$m/(n+1)$
cfs	hari	hari	%	%
500	1	365	100,00%	99,73%
600	12	364	99,73%	99,45%
700	8	352	96,44%	96,17%
800	6	344	94,25%	93,99%
900	9	338	92,60%	92,35%
1.000	10	329	90,14%	89,89%
1.100	6	319	87,40%	87,16%
1.200	7	313	85,75%	85,52%
1.300	3	306	83,84%	83,61%
1.400	9	303	83,01%	82,79%
1.600	13	294	80,55%	80,33%
1.800	6	281	76,99%	76,78%
2.000	14	275	75,34%	75,14%
2.200	21	261	71,51%	71,31%
2.400	14	240	65,75%	65,57%
2.600	10	226	61,92%	61,75%
2.800	10	216	59,18%	59,02%
3.000	5	206	56,44%	56,28%
3.200	5	201	55,07%	54,92%
3.400	18	196	53,70%	53,55%
3.600	11	178	48,77%	48,63%
3.800	17	167	45,75%	45,63%
4.000	13	150	41,10%	40,98%
4.200	13	137	37,53%	37,43%
4.400	10	124	33,97%	33,88%
4.600	2	114	31,23%	31,15%
4.800	8	112	30,68%	30,60%
5.000	13	104	28,49%	28,42%
5.500	13	91	24,93%	24,86%
6.000	14	78	21,37%	21,31%
6.500	4	64	17,53%	17,49%
7.000	5	60	16,44%	16,39%
7.500	0	55	15,07%	15,03%
8.000	6	55	15,07%	15,03%
8.500	10	49	13,42%	13,39%
9.000	3	39	10,68%	10,66%
9.500	5	36	9,86%	9,84%
10.000	8	31	8,49%	8,47%
10.500	4	23	6,30%	6,28%
11.000	1	19	5,21%	5,19%
11.500	5	18	4,93%	4,92%
12.000	9	13	3,56%	3,55%
12.500	4	4	1,10%	1,09%
Jumlah hari:	365			

data historis



untuk prediksi sehingga tidak ada probabilitas 100%

Pelbagai *Plotting Position*

- Untuk menggambarkan GMD biasanya digunakan *plotting position*.
- Pelbagai rumus *plotting position* disajikan di sebelah kanan.
- Catatan: nilai $0 < a < 1$ tergantung n jumlah data.

Lebih sering digunakan!

$$\text{California, 1923: } \frac{m}{n}$$

$$\text{Hazen, 1930: } \frac{2m-1}{2n}$$

$$\text{Beard: } 1 - \sqrt[n]{0,5}$$

$$\text{Weibull, 1939: } \frac{m}{n+1}$$

$$\text{Chegadayevev, 1955: } \frac{m-0,3}{n+0,4}$$

$$\text{Blom, 1958: } \frac{m-3/8}{n+2/8}$$

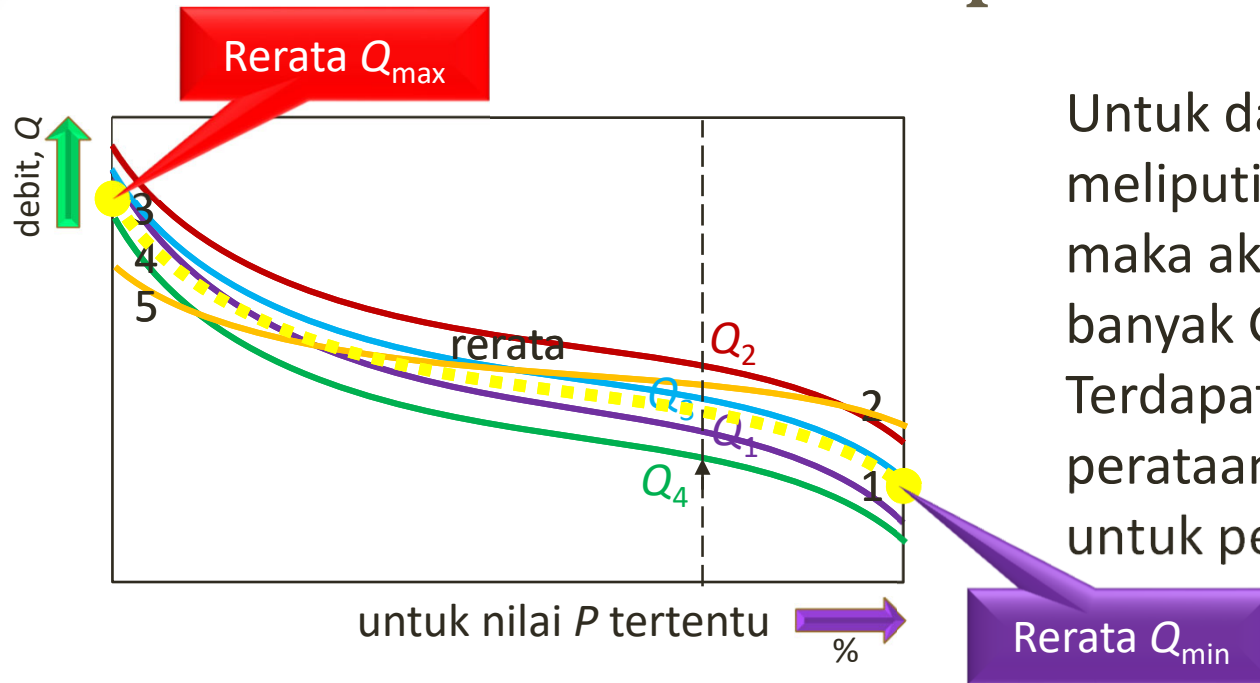
$$\text{Tukey, 1962: } \frac{3m-1}{3n+1}$$

$$\text{Gringorten, 1963: } \frac{m-a}{n+1-2a}$$

Sifat-sifat *plotting position*

- A. Gumbel (1958) menyatakan bahwa *plotting position* harus memenuhi kriteria berikut ini:
1. Seluruh data dapat di-plot-kan.
 2. Nilainya harus diantara frekuensi nyata di lapangan $(m-1)/n$ dan m/n , dengan m adalah peringkat data dimulai dengan $m=1$ sampai dengan n adalah jumlah data.
 3. Nilai kebalikan Butir 2 diatas, harus menuju nilai n .
 4. Data observasi harus di-plot-kan dengan jarak sama.
 5. Mempunyai makna intuitif, mudah dihitung, dan digunakan.
- B. Perlu diperhatikan bahwa setiap rumus *plotting position* mempunyai nilai hampir sama pada, pusat distribusi data, tetapi berbeda pada ujung distribusi.
- C. Dalam pembahasan selanjutnya akan digunakan *plotting position* Weibull $\frac{m}{n+1}$

Analisis GMD Beberapa Tahun (1/3)



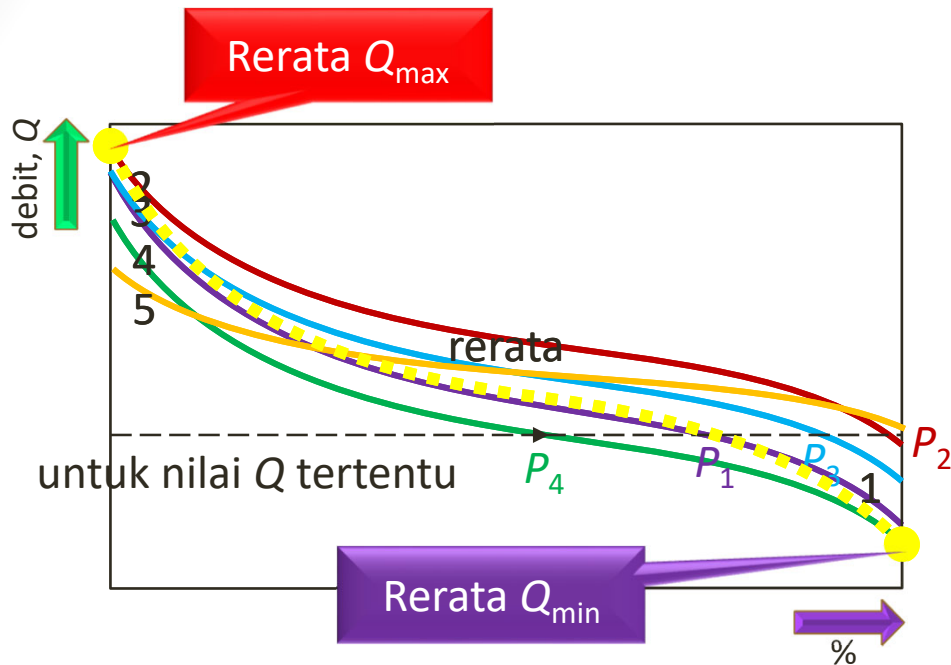
Untuk data hidrologis meliputi banyak tahun, maka akan diperoleh banyak GMD 1 tahunan. Terdapat 2 macam cara perataan GMD 1 tahunan untuk perancangan:

Perataan Debit: pada nilai probabilitas (P) tertentu, diperoleh nilai Q_i sejumlah tahun pencatatan (n), kemudian direrata:

$$Q_{rerata} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Q_i$$

dengan cara semacam ini, informasi debit maksimum dan minimum selama tahun pencatatan menjadi hilang, karena direratakan.

Analisis GMD Beberapa Tahun (2/3)



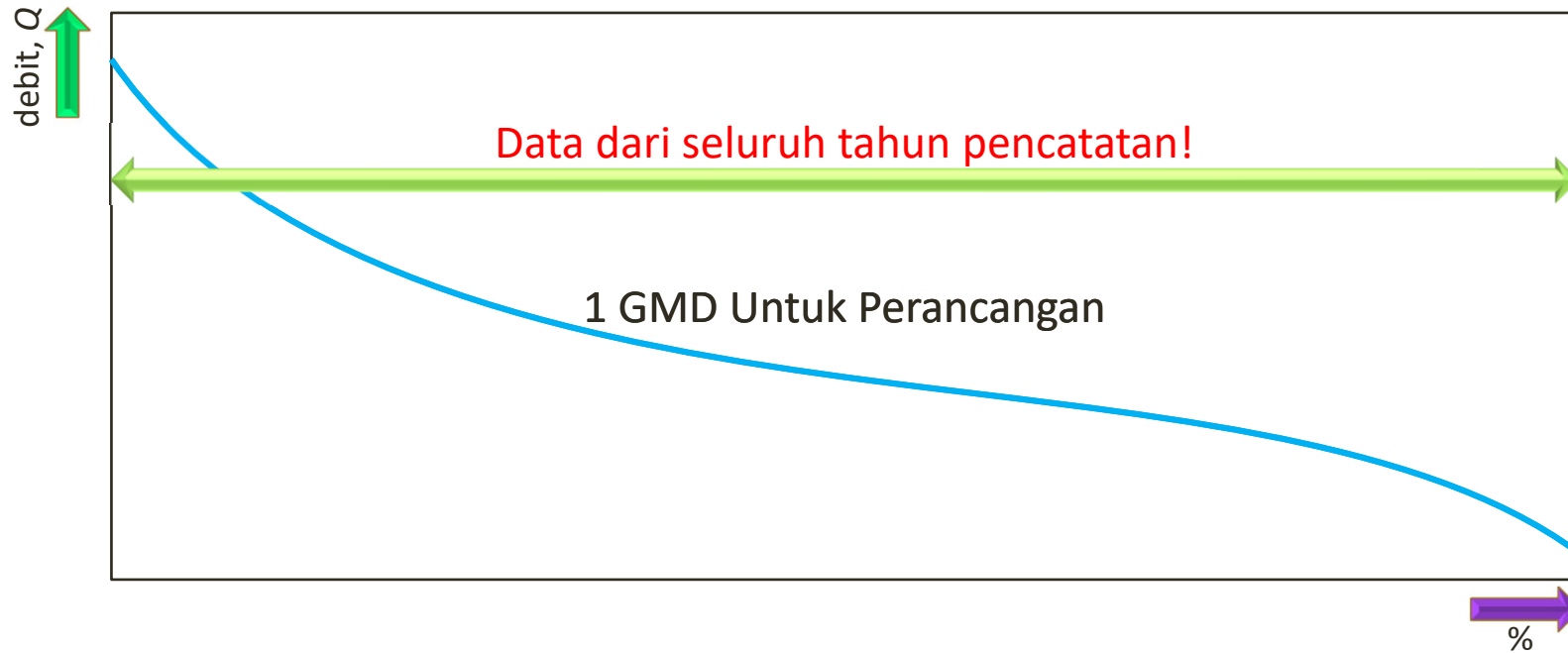
Untuk data hidrologis meliputi banyak tahun, maka akan diperoleh banyak GMD 1 tahunan. Terdapat 2 macam cara perataan GMD 1 tahunan untuk perancangan:

Perataan Probabilitas: pada nilai debit (Q) tertentu, diperoleh nilai P_j , kemudian direrata:

$$P_{rerata} = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m P_j$$

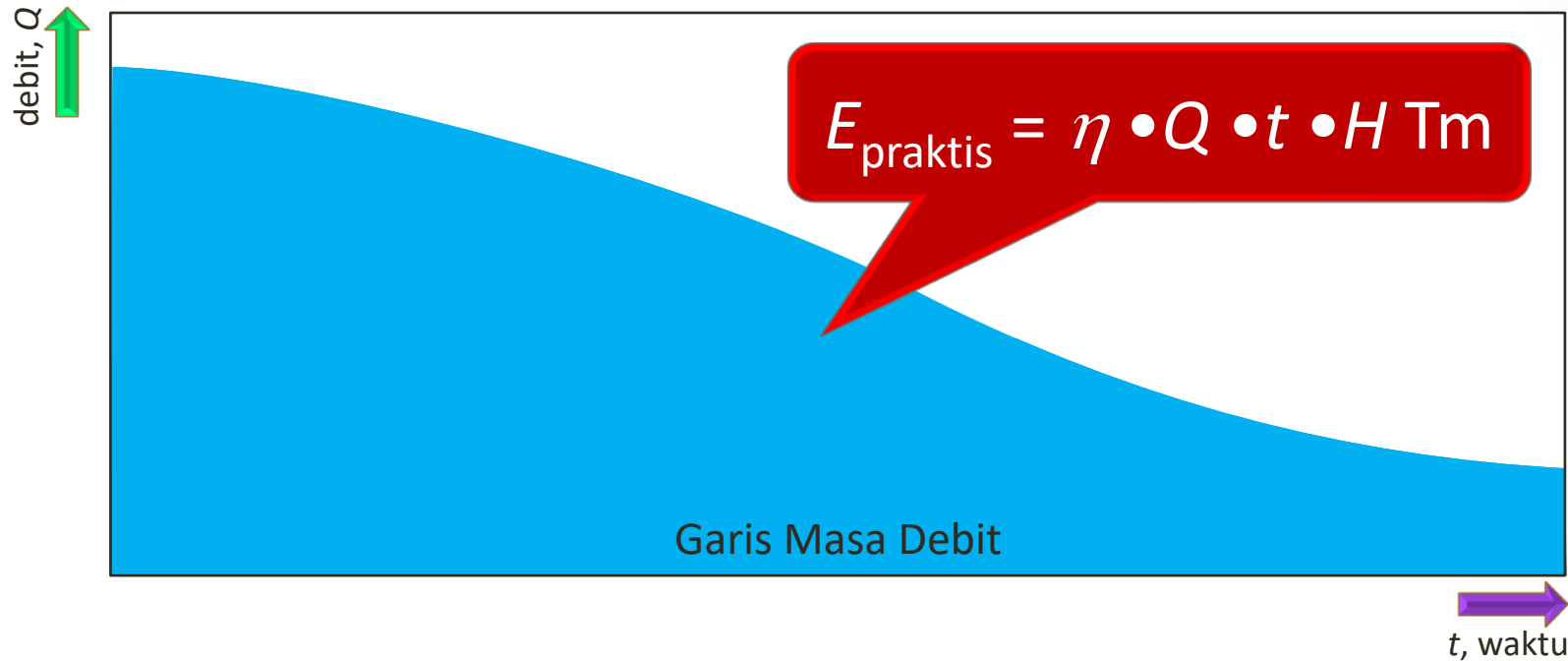
dengan cara semacam ini, informasi debit maksimum dan minimum selama tahun pencatatan tidak hilang, sehingga lebih disukai dibanding cara sebelumnya. Catatan: nilai $m \leq n$ (m : jumlah P yang direrata, n : jumlah tahun pencatatan)

Analisis GMD Beberapa Tahun (3/3)



Cara yang terakhir yang paling disukai adalah menghindari perataan pada kedua cara sebelumnya yaitu dengan membuat GMD sepanjang n tahun pencatatan. GMD yang diperoleh hanya satu dan digunakan untuk perancangan.

Produksi Energi Tahunan (1/2)



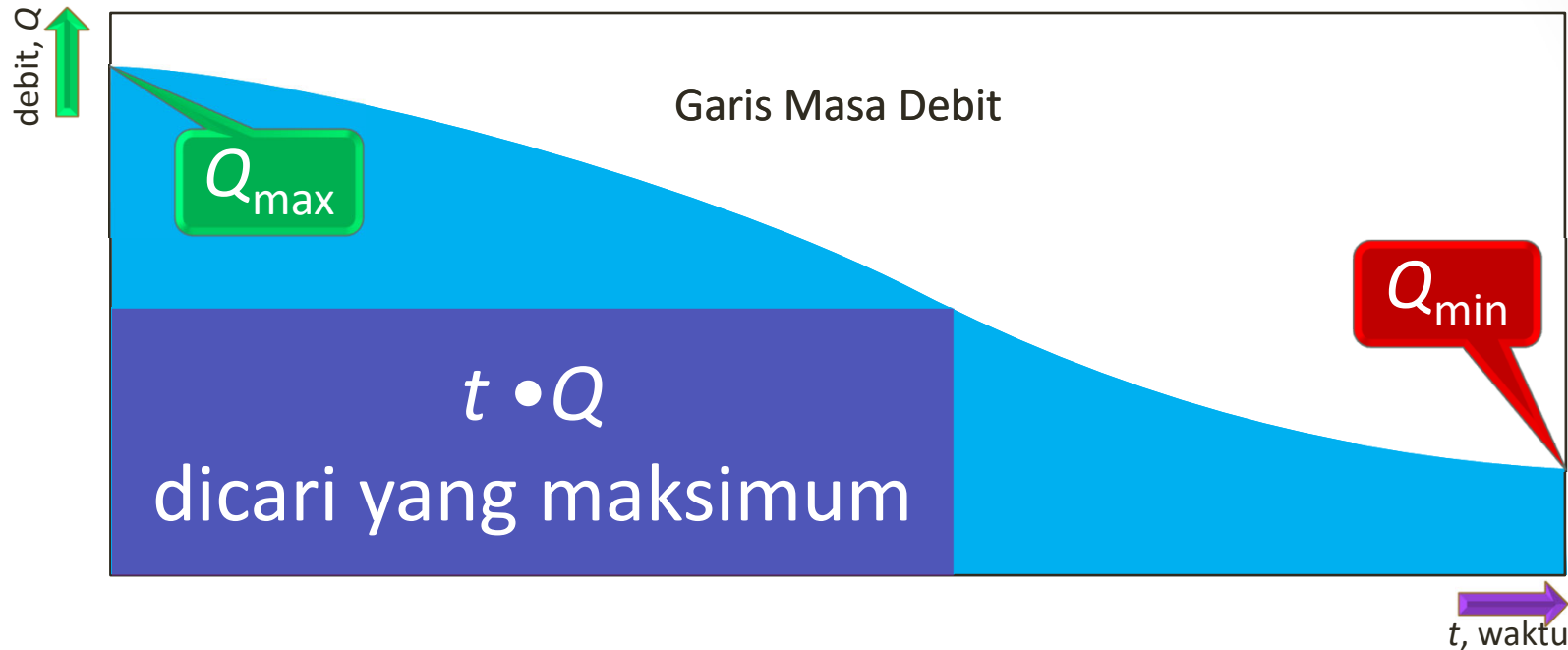
Produksi energi setiap tahun secara kasar adalah

$$E_{\text{praktis}} = \eta \cdot V \cdot \gamma \cdot H = \eta \cdot t \cdot Q \cdot H Tm$$

dengan η : efisiensi atau rendemen, V : volume air (m^3)

Q : debit (m^3/d), t : waktu, H adalah tinggi terjun (m), jika nilai $\gamma = 1 T/m^3$.

Produksi Energi Tahunan (2/2)



1. Jika digunakan kisaran debit minimum dan maksimum sungai untuk memproduksi energi tahunan, maka efisiensi turbin akan rendah sekali terutama kalau rasio debit maksimum dibagi minimum besar sekali.
2. Oleh karena itu, lebih disukai menggunakan debit rancangan konstan, dengan kriteria produksi energi ($t \cdot Q$) maksimum.

Contoh Kasus

GARIS MASA DEBIT

Contoh Kasus GMD 2 Tahun (1/3)

File: D:\My Stuffs\Kuliah\Bangunan Tenaga Air\Soal\Debit Andalan & Produksi Tahunan Data 2 tahun.xlsb

Sheet: Soal, hal. 1 dari 3

Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada

Soal Kurva Massa Debit

Sebuah sungai di Jawa Tengah mempunyai debit selama dua tahun seperti disajikan dalam tabel di bawah ini.

Data debit 2 tahun berurutan

Bulan	Q (m ³ /d)	Bulan	Q (m ³ /d)
Jan	125,0	Jan	118,0
Feb	135,0	Feb	132,0
Mar	95,0	Mar	105,0
Apr	80,0	Apr	75,0
Mei	57,0	Mei	52,0
Jun	37,0	Jun	32,0
Jul	18,0	Jul	10,0
Agu	22,0	Agu	11,0
Sep	44,0	Sep	28,0
Okt	65,0	Okt	48,0
Nov	90,0	Nov	85,0
Des	110,0	Des	100,0

Data debit sungai bulanan selama 2 tahun

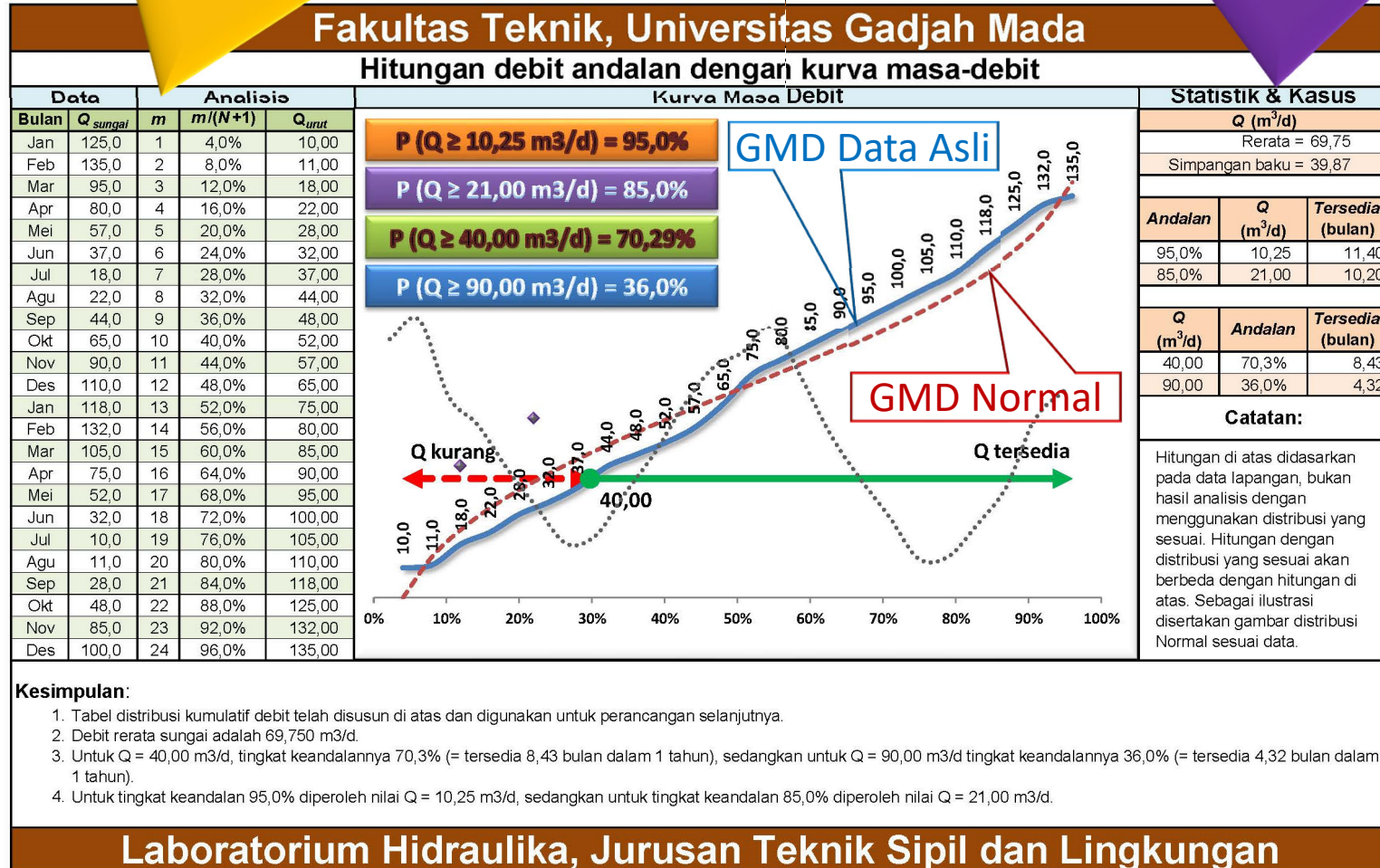
1. Susunlah tabel distribusi kumulatif debit yang dapat digunakan untuk perencanaan sumberdaya air tersebut. (nilai 30%, CP: a123, b123, c123)
2. Berapa debit rerata sungai dan berapa bulan dalam setahun debit rerata ini tersedia? (nilai 10%, CP: a123, b123,
3. Berapa bulan dalam setahun debit 40,00 m³/detik, dan 90,00 m³/detik tersedia? (nilai 15%, CP: a123, b123, c123)
4. Hitung debit andalan 95,0% dan 85,0%. (nilai 15%, CP: a123, b123, c123)
5. Hitung debit konstan dan produksi maksimum yang dapat dihasilkan oleh sungai ini. (nilai 30%, CP: j12)

Laboratorium Hidraulika, Jurusan Teknik Sipil dan Lingkungan

Contoh Kasus GMD 2 Tahun (1/3)

Data debit sungai bulanan selama 2 tahun dan diurutkan kecil ke besar

Hitungan GMD berdasarkan data, GMD Normal untuk pembandingan saja!



Contoh Kasus GMD 2 Tahun (3/3)

File: D:\My Stuff\Kuliah\Bangunan Tenaga Air\Soal\Debit Andalan & Pr

Produksi Energi Tahunan Maksimum

Produksi, hal. 3 dari 3

