

## METODA HARDY-CROSS (head balance 'loop' method)

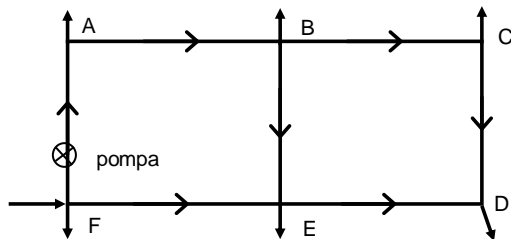
data : genap

pipa	AB	BC	CD	DE	EF	AF	BE
panjang (m)	500	600	200	600	600	200	200
diameter (mm)	250	150	100	150	150	200	100
A (m <sup>2</sup> )	0,0491	0,0177	0,0079	0,0177	0,0177	0,0314	0,0079

roughness size of all pipes       $k = 0,06$  mm  
 viskositas kinematic pada T 20°       $\nu = 1,00E-06$  m<sup>2</sup>/s

elevasi titik simpul pipa

Node	A	B	C	D	E	F
elevasi (m dpl)	30	25	20	20	22	25



$$Re = UD/\nu$$

$$K = f L / 2gDA^2$$

$$h_L = K|Q|$$

$f$  lihat grafik Moody

$$h_p = 10 \text{ m}$$

$$h_f = 1,1$$

run 1

loop	pipa	k/D	Q (ltr/s)	Re	$f$	K	$h_L$ (m)	$h_L / Q$ (m/ltr/s)
1	AB	0,00024	120	611155	0,0157	662,730	9,543	0,0795
	BE	0,00060	20	254647,9	0,0191	31572,848	12,629	0,6315
	EF	0,00040	-100	848826,4	0,0167	10903,765	-109,038	1,0904
	FA	0,00030	-140,48	894323,5	0,0159	818,845	-26,160	0,1862
$\Sigma$							-113,025	1,9876

$\Delta Q = 28,433$  ltr/s

loop	pipa	k/D	Q (ltr/s)	Re	$f$	K	$h_L$ (m)	$h_L / Q$ (m/ltr/s)
2	BC	0,00040	80	679061,1	0,0169	11010,094	70,465	0,8808
	CD	0,00060	10	127324	0,0203	33530,663	3,353	0,3353
	DE	0,00040	-60	509295,8	0,0171	11176,222	-40,234	0,6706
	EB	0,00060	-47,730	607717,2	0,0182	30147,725	-68,681	1,4390
$\Sigma$							-35,098	3,3256

$\Delta Q = 5,277$  ltr/s

run 2

loop	pipa	k/D	Q (ltr/s)	Re	$f$	K	$h_L$ (m)	$h_L / Q$ (m/ltr/s)
1	AB	0,00024	148,433	755962,1	0,0155	653,617	14,401	0,0970
	BE	0,00060	42,453	540530,2	0,0183	30289,692	54,590	1,2859
	EF	0,00040	-71,567	607481,2	0,0170	11070,264	-56,700	0,7923
	FA	0,00030	-112,047	713314,6	0,0160	828,341	-20,399	0,1821
$\Sigma$							-8,109	2,3572

$\Delta Q = 1,720$  ltr/s

loop	pipa	k/D	Q (ltr/s)	Re	$f$	K	$h_L$ (m)	$h_L / Q$ (m/ltr/s)
2	BC	0,00040	85,277	723852,5	0,0168	10977,792	79,832	0,9362
	CD	0,00060	15,277	194511	0,0195	32228,602	7,522	0,4924
	DE	0,00040	-54,723	464504,4	0,0172	11237,187	-33,651	0,6149
	EB	0,00060	-44,173	562430,1	0,0183	30240,108	-59,007	1,3358
$\Sigma$							-5,304	3,3792

$\Delta Q = 0,785$  ltr/s

run 3

loop	pipa	k/D	Q (ltr/s)	Re	$f$	K	$h_L$ (m)	$h_L / Q$ (m/ltr/s)
1	AB	0,00024	150,153	764722,1	0,0154	653,160	14,726	0,0981
	BE	0,00060	43,388	552437,8	0,0183	30262,299	56,970	1,3130
	EF	0,00040	-69,847	592881,2	0,0170	11084,082	-54,075	0,7742
	FA	0,00030	-110,327	702364,6	0,0161	829,050	-20,091	0,1821
$\Sigma$							-2,470	2,3674

$\Delta Q = 0,522$  ltr/s

loop	pipa	k/D	Q (ltr/s)	Re	f	K	h <sub>L</sub> (m)	h <sub>L</sub> /Q (m/ltr/s)
2	BC	0,00040	86,062	730514	0,0168	10973,286	81,275	0,9444
	CD	0,00060	16,062	204503,3	0,0194	32097,327	8,280	0,5155
	DE	0,00040	-53,938	457842,9	0,0172	11247,124	-32,722	0,6067
	EB	0,00060	-43,910	559079,9	0,0183	30247,469	-58,320	1,3282
Σ							-1,486	3,3947

$$\Delta Q = 0,219 \text{ ltr/s}$$

run 4

loop	pipa	k/D	Q (ltr/s)	Re	f	K	h <sub>L</sub> (m)	h <sub>L</sub> /Q (m/ltr/s)
1	AB	0,00024	150,675	767378,9	0,0154	653,023	14,825	0,0984
	BE	0,00060	43,691	556292,4	0,0183	30253,655	57,752	1,3218
	EF	0,00040	-69,325	588453,1	0,0170	11088,391	-53,291	0,7687
	FA	0,00030	-109,805	699043,5	0,0161	829,269	-19,999	0,1821
Σ							-0,713	2,3710

$$\Delta Q = 0,150 \text{ ltr/s}$$

loop	pipa	k/D	Q (ltr/s)	Re	f	K	h <sub>L</sub> (m)	h <sub>L</sub> /Q (m/ltr/s)
2	BC	0,00040	86,281	732372,4	0,0168	10972,041	81,680	0,9467
	CD	0,00060	16,281	207290,9	0,0194	32062,607	8,498	0,5220
	DE	0,00040	-53,719	455984,5	0,0172	11249,940	-32,465	0,6043
	EB	0,00060	-43,841	558206,1	0,0183	30249,402	-58,141	1,3262
Σ							-0,428	3,3992

$$\Delta Q = 0,063 \text{ ltr/s}$$

run 5

loop	pipa	k/D	Q (ltr/s)	Re	f	K	h <sub>L</sub> (m)	h <sub>L</sub> /Q (m/ltr/s)
1	AB	0,00024	150,825	768144,4	0,0154	652,984	14,854	0,0985
	BE	0,00060	43,778	557404,1	0,0183	30251,181	57,978	1,3243
	EF	0,00040	-69,175	587177,3	0,0170	11089,643	-53,066	0,7671
	FA	0,00030	-109,655	698086,7	0,0161	829,332	-19,972	0,1821
Σ							-0,206	2,3721

$$\Delta Q = 0,043 \text{ ltr/s}$$

loop	pipa	k/D	Q (ltr/s)	Re	f	K	h <sub>L</sub> (m)	h <sub>L</sub> /Q (m/ltr/s)
2	BC	0,00040	86,344	732907	0,0168	10971,685	81,796	0,9473
	CD	0,00060	16,344	208092,8	0,0194	32052,764	8,562	0,5239
	DE	0,00040	-53,656	455449,9	0,0172	11250,754	-32,391	0,6037
	EB	0,00060	-43,822	557957,8	0,0183	30249,953	-58,091	1,3256
Σ							-0,124	3,4005

$$\Delta Q = 0,018 \text{ ltr/s}$$

run 6

loop	pipa	k/D	Q (ltr/s)	Re	f	K	h <sub>L</sub> (m)	h <sub>L</sub> /Q (m/ltr/s)
1	AB	0,00024	150,868	768365,9	0,0154	652,973	14,862	0,0985
	BE	0,00060	43,804	557725,8	0,0183	30250,467	58,043	1,3251
	EF	0,00040	-69,132	586808,2	0,0170	11090,006	-53,001	0,7667
	FA	0,00030	-109,612	697809,9	0,0161	829,350	-19,964	0,1821
Σ							-0,060	2,3724

$$\Delta Q = 0,013 \text{ ltr/s}$$

loop	pipa	k/D	Q (ltr/s)	Re	f	K	h <sub>L</sub> (m)	h <sub>L</sub> /Q (m/ltr/s)
2	BC	0,00040	86,362	733061,6	0,0168	10971,581	81,830	0,9475
	CD	0,00060	16,362	208324,8	0,0194	32049,929	8,580	0,5244
	DE	0,00040	-53,638	455295,3	0,0172	11250,989	-32,370	0,6035
	EB	0,00060	-43,816	557886,2	0,0183	30250,111	-58,076	1,3254
Σ							-0,036	3,4008

$$\Delta Q = 0,005 \text{ ltr/s}$$

run 7

loop	pipa	k/D	Q (ltr/s)	Re	f	K	h <sub>L</sub> (m)	h <sub>L</sub> /Q (m/ltr/s)
------	------	-----	-----------	----	---	---	--------------------	-----------------------------

1	AB	0,00024	150,881	768430	0,0154	652,970	14,865	0,0985
	BE	0,00060	43,811	557819	0,0183	30250,260	58,062	1,3253
	EF	0,00040	-69,119	586701,3	0,0170	11090,111	-52,982	0,7665
	FA	0,00030	-109,599	697729,7	0,0161	829,356	-19,962	0,1821
							Σ	-0,017

$\Delta Q = 0,004$  ltr/s

loop	pipa	k/D	Q (ltr/s)	Re	f	K	$h_L$ (m)	$h_L / Q$ (m/ltr/s)
2	BC	0,00040	86,367	733106,4	0,0168	10971,551	81,840	0,9476
	CD	0,00060	16,367	208392	0,0194	32049,108	8,585	0,5245
	DE	0,00040	-53,633	455250,5	0,0172	11251,058	-32,364	0,6034
	EB	0,00060	-43,815	557865,5	0,0183	30250,157	-58,072	1,3254
							Σ	-0,010

$\Delta Q = 0,002$  ltr/s

#### RESUME

pipa	Q (ltr/s)	$h_L$ (m)
AB	150,881	14,865
BE	43,815	58,072
FE	69,119	52,982
AF	109,599	19,962
BC	86,367	81,840
CD	16,367	8,585
ED	53,633	32,364

## METODA HARDY-CROSS (head balance'loop' method)

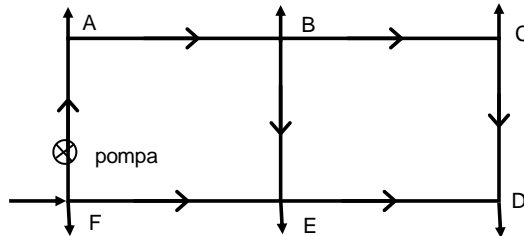
data : ganjil

pipa	AB	BC	CD	DE	EF	AF	BE
panjang (m)	750	700	400	600	400	700	800
diameter (mm)	300	300	200	250	220	300	310
A (m <sup>2</sup> )	0,0707	0,0707	0,0314	0,0491	0,0380	0,0707	0,0755

roughness size of all pipes  $k = 0,0694$  mm  
 viskositas kinematic pada T 20°  $\nu = 1,00E-06$  m<sup>2</sup>/s

elevasi titik simpul pipa

Node	A	B	C	D	E	F
elevasi (m dpl)	30	25	20	20	22	25



$$Re = UD/\nu$$

$$K = f L / 2gDA^2$$

$$h_L = KQ|Q|$$

$f$  lihat grafik Moody

$$h_p = 10$$

$$h_f = 1,1$$

run 1

loop	pipa	k/D	Q (ltr/s)	Re	$f$	K	$h_L$ (m)	$L/Q$ (m/ltr/s)
1	AB	0,00023	200	848826,4	0,0153	389,179	15,567	0,0778
	BE	0,00022	60	246433,5	0,0169	389,916	1,404	0,0234
	EF	0,00032	-62,94	364262,3	0,0169	1084,391	-4,296	0,0683
	FA	0,00023	-250	1061033	0,0151	358,905	-32,232	0,1297
$\Sigma$							-19,756	0,2992

$$h_L = KQ|Q| - h_p$$

$$\Delta Q = 33,014 \text{ ltr/s}$$

loop	pipa	k/D	Q (ltr/s)	Re	$f$	K	$h_L$ (m)	$L/Q$ (m/ltr/s)
2	BC	0,00023	80	339530,5	0,0164	389,787	2,495	0,0312
	CD	0,00035	40	254647,9	0,0177	1824,457	2,919	0,0730
	DE	0,00028	-82,94	422410	0,0164	833,843	-5,736	0,0692
	EB	0,00022	-1,509	6197,802	0,0355	820,037	-0,002	0,0012
$\Sigma$							-0,324	0,1746

$$\Delta Q = 0,928 \text{ ltr/s}$$

run 2

loop	pipa	k/D	Q (ltr/s)	Re	$f$	K	$h_L$ (m)	$L/Q$ (m/ltr/s)
1	AB	0,00023	233,014	988944,2	0,0151	385,923	20,954	0,0899
	BE	0,00022	0,581	2384,376	0,0476	1100,032	0,000	0,0006
	EF	0,00032	-29,926	173192,5	0,0182	1167,451	-1,045	0,0349
	FA	0,00023	-216,986	920915,1	0,0152	361,571	-27,024	0,1245
$\Sigma$							-7,115	0,2500

$$\Delta Q = 14,227 \text{ ltr/s}$$

loop	pipa	k/D	Q (ltr/s)	Re	$f$	K	$h_L$ (m)	$L/Q$ (m/ltr/s)
2	BC	0,00023	80,928	343471,1	0,0164	389,348	2,550	0,0315
	CD	0,00035	40,928	260558,7	0,0176	1820,546	3,050	0,0745
	DE	0,00028	-82,012	417681,3	0,0164	834,594	-5,613	0,0684
	EB	0,00022	-14,808	60819,2	0,0208	481,123	-0,105	0,0071
$\Sigma$							-0,119	0,1816

$$\Delta Q = 0,328 \text{ ltr/s}$$

run 3

loop	pipa	k/D	Q (ltr/s)	Re	$f$	K	$h_L$ (m)	$L/Q$ (m/ltr/s)
1	AB	0,00023	247,242	1049327	0,0151	384,754	23,519	0,0951
	BE	0,00022	14,480	59471,02	0,0209	483,116	0,101	0,0070
	EF	0,00032	-15,698	90852,5	0,0199	1273,961	-0,314	0,0200
	FA	0,00023	-202,758	860532,5	0,0152	362,948	-24,921	0,1229
$\Sigma$							-1,614	0,2450

$$\Delta Q = 3,294 \text{ ltr/s}$$

loop	pipa	k/D	Q (ltr/s)	Re	f	K	h <sub>L</sub> (m)	L/Q (m/ltr/s)	
2	BC	0,00023	81,257	344864,2	0,0164	389,195	2,570	0,0316	
	CD	0,00035	41,257	262648,4	0,0176	1819,198	3,096	0,0751	
	DE	0,00028	-81,683	416009,6	0,0164	834,863	-5,570	0,0682	
	EB	0,00022	-17,774	73000,58	0,0202	465,596	-0,147	0,0083	
							Σ	-0,051	0,1831

$$\Delta Q = 0,140 \text{ ltr/s}$$

run 4

loop	pipa	k/D	Q (ltr/s)	Re	f	K	h <sub>L</sub> (m)	L/Q (m/ltr/s)	
1	AB	0,00023	250,536	1063307	0,0151	384,500	24,134	0,0963	
	BE	0,00022	17,634	72426,3	0,0202	466,242	0,145	0,0082	
	EF	0,00032	-12,404	71788,11	0,0206	1322,416	-0,203	0,0164	
	FA	0,00023	-199,464	846551,9	0,0153	363,290	-24,254	0,1226	
							Σ	-0,378	0,2436

$$\Delta Q = 0,776 \text{ ltr/s}$$

loop	pipa	k/D	Q (ltr/s)	Re	f	K	h <sub>L</sub> (m)	L/Q (m/ltr/s)	
2	BC	0,00023	81,397	345457,6	0,0163	389,130	2,578	0,0317	
	CD	0,00035	41,397	263538,5	0,0176	1818,629	3,117	0,0753	
	DE	0,00028	-81,543	415297,5	0,0164	834,978	-5,552	0,0681	
	EB	0,00022	-18,410	75613,2	0,0200	462,745	-0,157	0,0085	
							Σ	-0,014	0,1836

$$\Delta Q = 0,039 \text{ ltr/s}$$

run 5

loop	pipa	k/D	Q (ltr/s)	Re	f	K	h <sub>L</sub> (m)	L/Q (m/ltr/s)	
1	AB	0,00023	251,312	1066601	0,0151	384,441	24,280	0,0966	
	BE	0,00022	18,371	75454,24	0,0200	462,915	0,156	0,0085	
	EF	0,00032	-11,628	67297,49	0,0208	1336,695	-0,181	0,0155	
	FA	0,00023	-198,688	843258,8	0,0153	363,372	-24,345	0,1225	
							Σ	-0,089	0,2432

$$\Delta Q = 0,183 \text{ ltr/s}$$

loop	pipa	k/D	Q (ltr/s)	Re	f	K	h <sub>L</sub> (m)	L/Q (m/ltr/s)	
2	BC	0,00023	81,435	345621,9	0,0163	389,112	2,580	0,0317	
	CD	0,00035	41,435	263784,9	0,0176	1818,472	3,122	0,0753	
	DE	0,00028	-81,505	415100,3	0,0164	835,010	-5,547	0,0681	
	EB	0,00022	-18,554	76205,73	0,0200	462,119	-0,159	0,0086	
							Σ	-0,004	0,1837

$$\Delta Q = 0,010 \text{ ltr/s}$$

run 6

loop	pipa	k/D	Q (ltr/s)	Re	f	K	h <sub>L</sub> (m)	L/Q (m/ltr/s)	
1	AB	0,00023	251,495	1067377	0,0151	384,427	24,315	0,0967	
	BE	0,00022	18,545	76166,49	0,0200	462,160	0,159	0,0086	
	EF	0,00032	-11,445	66238,58	0,0209	1340,268	-0,176	0,0153	
	FA	0,00023	-198,505	842482,3	0,0153	363,392	-24,319	0,1225	
							Σ	-0,021	0,2431

$$\Delta Q = 0,043 \text{ ltr/s}$$

loop	pipa	k/D	Q (ltr/s)	Re	f	K	h <sub>L</sub> (m)	L/Q (m/ltr/s)	
2	BC	0,00023	81,445	345662,4	0,0163	389,108	2,581	0,0317	
	CD	0,00035	41,445	263845,7	0,0176	1818,433	3,123	0,0754	
	DE	0,00028	-81,495	415051,7	0,0164	835,018	-5,546	0,0680	
	EB	0,00022	-18,588	76343,73	0,0200	461,974	-0,160	0,0086	
							Σ	-0,001	0,1837

$$\Delta Q = 0,002 \text{ ltr/s}$$

run 7

loop	pipa	k/D	Q (ltr/s)	Re	f	K	h <sub>L</sub> (m)	L/Q (m/ltr/s)
------	------	-----	-----------	----	---	---	--------------------	---------------

1	AB	0,00023	251,538	1067560	0,0151	384,423	24,323	0,0967
	BE	0,00022	18,585	76334,36	0,0200	461,983	0,160	0,0086
	EF	0,00032	-11,402	65988,82	0,0209	1341,123	-0,174	0,0153
	FA	0,00023	-198,462	842299,1	0,0153	363,396	-24,313	0,1225
							Σ	-0,005

$\Delta Q = 0,010$  ltr/s

loop	pipa	k/D	Q (ltr/s)	Re	f	K	$h_L$ (m)	$L/Q$ (m/ltr/s)
2	BC	0,00023	81,447	345672,1	0,0163	389,107	2,581	0,0317
	CD	0,00035	41,447	263860,3	0,0176	1818,424	3,124	0,0754
	DE	0,00028	-81,493	415040,1	0,0164	835,020	-5,545	0,0680
	EB	0,00022	-18,596	76376,16	0,0200	461,940	-0,160	0,0086
							Σ	0,000

$\Delta Q = 0,001$  ltr/s

#### RESUME

pipa	Q (ltr/s)	$h_L$ (m)
AB	251,538	24,323
BE	18,596	0,160
FE	11,402	0,174
AF	198,462	24,313
BC	81,447	2,581
CD	41,447	3,124
ED	81,493	5,545

;) )

←  $h_L = KQ|Q| - h_p$

;) )

;) )

;) )

;) )

;) )

;) )

;) )

;) )

;) )

;) )

;) )

;) )



;) )