

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1. Uraian Umum

Hidrolika api adalah cabang khusus dari ilmu hidrolika yang membahas mengenai pengaliran air pada lokasi kebakaran dan disebarkan pada api. Sebagai contoh, hidrolika api berhubungan dengan pergerakan air melalui hidran, pipa api (*fire hose*), pompa, semburan atau mulut pipa api dan terakhir melalui udara dalam bentuk cucuran air.

Tujuan akhirnya adalah untuk mengirim air sebagai fasilitas pemadam api. Jenis dan besarnya kobaran api menentukan debit dan tekanan yang diperlukan untuk mengirim air menuju titik api. Hal tersebut adalah esensi dari hidrolika api. Beberapa hukum dasar hidrolika seperti persamaan kontinuitas, persamaan energi dan hukum Bernoulli menjadi dasar dalam perhitungan. Selain hukum – hukum dasar tersebut, juga termasuk di dalamnya adalah peralatan yang mendukung proses pemadaman seperti hidran, pompa, pipa dan mulut pipa (*nozzle*) yang mengirim semburan.

Dengan pengalaman yang cukup seorang petugas pemadam kebakaran mampu dengan cepat melakukan teknik pemadaman dengan peralatan yang ada. Hal ini tidak berlaku dalam hidrolika api. Sebagai sebuah ilmu pengetahuan, hidrolika api membutuhkan pembelajaran formal. Ilmu pengetahuan adalah sebuah pemahaman. Pemahaman membutuhkan daya pengetahuan kenapa hal – hal berlaku demikian. Ingatan buta dan

pengalaman bertolak belakang dengan ilmu pengetahuan. Tidak masalah untuk mengingat nomor telepon, tetapi tidak pada tempatnya dalam ilmu hidrolika. Memori dan pengalaman tidak mampu menggantikan intelegensi dan pemahaman.

2.2. Batasan Hidrolika

Hidrolika adalah cabang dari ilmu teknik yang mempelajari perilaku air baik dalam keadaan diam maupun bergerak. Hidrolika dapat dibedakan dalam dua bidang yaitu hidrostatis yang mempelajari zat cair dalam keadaan diam, dan hidrodinamika yang mempelajari zat cair bergerak. (Triatmodjo, 1993)

2.3. Sifat – Sifat Zat Cair

Aliran zat cair dapat diklasifikasikan menjadi beberapa macam seperti berikut.

1. Aliran *invisid* dan viskose. Aliran *invisid* adalah di mana kekentalan zat cair dianggap nol (zat cair ideal). Aliran viskose adalah aliran di mana kekentalan diperhitungkan (zat cair riil). Keadaan ini menyebabkan timbulnya tegangan geser antara partikel zat cair yang bergerak dengan kecepatan berbeda. (Triatmodjo, 1993)
2. Aliran *compressible* dan *incompressible*. Semua fluida adalah *compressible* sehingga rapat massanya berubah dengan perubahan tekanan. Pada aliran mantap dengan perubahan rapat massa kecil,

sering dilakukan penyederhanaan dengan menganggap bahwa zat cair adalah *incompressible* dan rapat massa adalah konstan. Maka dalam analisis aliran mantap sering dilakukan anggapan zat cair *incompressible*, kecuali pada aliran melalui pipa di mana bisa terjadi perubahan tekanan yang sangat besar, maka kompresibilitas zat cair harus diperhitungkan. (Triatmodjo, 1993)

3. Aliran laminer dan turbulen. Aliran viskose dapat dibedakan dalam aliran laminer dan turbulen. Aliran adalah laminer apabila partikel – partikel zat cair bergerak teratur dengan membentuk garis lintasan kontinu dan tidak saling berpotongan. Pada aliran di saluran/pipa yang mempunyai bidang batas sejajar, garis – garis lintasan akan sejajar. Sedang di dalam saluran yang mempunyai sisi tidak sejajar, garis aliran akan menguncup atau mengembang sesuai dengan bentuk saluran. Aliran laminer dapat terjadi apabila kecepatan aliran rendah, ukuran saluran sangat kecil dan zat cair mempunyai kekentalan besar. Pada aliran turbulen partikel – partikel zat cair bergerak tidak teratur dan garis lintasannya saling berpotongan. Aliran di sungai, saluran irigasi/drainase dan di laut adalah contoh dari aliran turbulen. (Triatmodjo, 1993)
4. Aliran mantap dan tidak mantap. Aliran mantap (*steady flow*) terjadi jika variabel dari aliran (seperti kecepatan, tekanan, rapat massa, tampang aliran, debit dan sebagainya) di sembarang titik pada zat cair tidak berubah dengan waktu. Dalam aliran turbulen, gerak partikel zat

cair tidak beraturan. Di sembarang titik selalu terjadi fluktuasi kecil dari kecepatan. Tetapi jika rata - ratanya pada suatu periode adalah konstan maka aliran tersebut adalah permanen. Aliran melalui pipa dengan tekanan tetap dan aliran melalui saluran irigasi adalah contoh dari aliran mantap. Aliran tak mantap terjadi jika variabel aliran pada setiap titik berubah dengan waktu. Contoh dari aliran tak mantap adalah perubahan debit di dalam pipa atau saluran, aliran banjir di sungai, aliran di estuari (muara sungai) yang dipengaruhi pasang surut. (Triatmodjo, 1993)

5. Aliran beraturan dan tak beraturan. Aliran disebut beraturan apabila tidak ada perubahan besar dan arah dari kecepatan dari satu titik ke titik yang lain di sepanjang aliran. Demikian juga dengan variabel – variabel lainnya seperti tekanan, rapat massa, kedalaman dan debit. Aliran di saluran panjang dengan debit dan penampang tetap adalah contoh dari aliran beraturan. Aliran tidak beraturan terjadi jika kecepatan berubah dengan jarak. Contoh dari aliran tak beraturan adalah aliran di dalam saluran yang mempunyai penampang basah tidak sama dengan sepanjang aliran. (Triatmodjo, 1993)

2.4. Debit Aliran Di Dalam Pipa

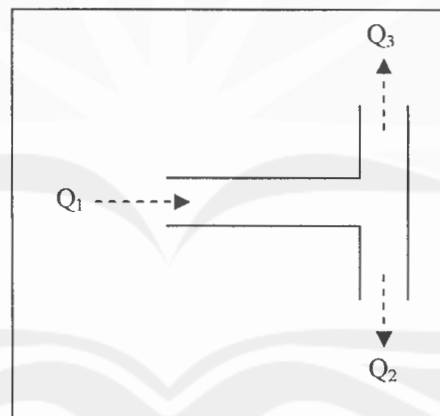
Jumlah zat cair yang mengalir melalui tampang lintang aliran tiap satu satuan waktu disebut debit aliran. Debit aliran biasanya diukur dalam volume zat cair tiap satuan waktu, sehingga satuannya adalah meter kubik per detik

(m³/d). Apabila tampang aliran tegak lurus pada arah aliran, maka debit aliran diberikan oleh bentuk berikut. (Triatmodjo, 1993)

$$Q = A \times v \quad (2-1)$$

2.5. Persamaan Kontinuitas

Apabila zat cair kompresibel mengalir secara kontinu melalui pipa atau saluran, dengan tampang aliran konstan ataupun tidak konstan, maka volume zat cair yang lewat tiap satuan waktu adalah sama di semua tampang. Keadaan ini disebut dengan persamaan kontinuitas aliran zat cair. (Triatmodjo, 1993)



Gambar 2.1 Hukum kontinuitas

$$Q_1 = Q_2 + Q_3 \quad (2-2)$$

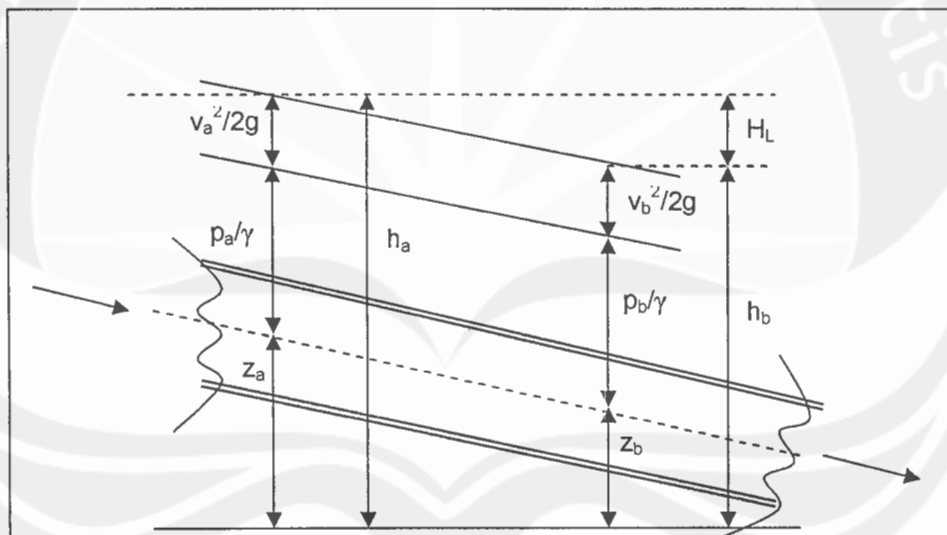
2.6. Persamaan Bernoulli

2.6.1. Persamaan Bernoulli untuk zat cair ideal

Persamaan Bernoulli diturunkan dengan anggapan sebagai berikut.

1. Zat cair adalah ideal, jadi tidak mempunyai kekentalan (kehilangan energi akibat gesekan adalah nol).
2. Zat cair adalah homogen dan tidak termampatkan (rapat massa zat cair adalah konstan).
3. Aliran adalah kontinu dan sepanjang garis arus.
4. Kecepatan aliran adalah merata dalam suatu penampang.
5. Gaya yang bekerja hanya gaya berat dan tekan.

(Tiratmodjo, 1993)



Gambar 2.2 Hukum kekekalan energi

$$z_a + \frac{p_a}{\gamma} + \frac{v_a^2}{2g} = z_b + \frac{p_b}{\gamma} + \frac{v_b^2}{2g} + h_L \quad (2-3)$$

Konstanta C adalah tinggi energi total, yang merupakan jumlah dari tinggi tempat, tinggi tekanan dan tinggi kecepatan, yang berbeda dari garis

arus yang satu ke garis arus yang lain. Oleh karena itu persamaan (2-3) tersebut hanya berlaku untuk titik-titik pada suatu garis lurus. Z adalah elevasi (tinggi tempat) $\frac{p}{\gamma}$ adalah tinggi tekanan $\frac{v^2}{2g}$ adalah tinggi kecepatan.

Persamaan (2-3) dikenal dengan persamaan Bernoulli untuk aliran mantap satu dimensi, zat cair ideal dan *incompressible*. Persamaan tersebut merupakan bentuk matematis dari kekekalan energi di dalam aliran zat cair. Persamaan Bernoulli dapat digunakan untuk menentukan garis tekanan dan tenaga.

Tinggi tekanan di titik A dan B yaitu $h_a = \frac{p_a}{\gamma}$ dan $h_b = \frac{p_b}{\gamma}$ adalah tinggi kolom zat cair yang beratnya tiap satuan luas memberikan tekanan sebesar $p_a = \gamma \times h_a$ dan $p_b = \gamma \times h_b$. Oleh karena itu tekanan p yang ada pada persamaan Bernoulli biasa disebut dengan tekanan statis.

Aplikasi persamaan Bernoulli untuk kedua titik di dalam medan aliran akan memberikan persamaan berikut.

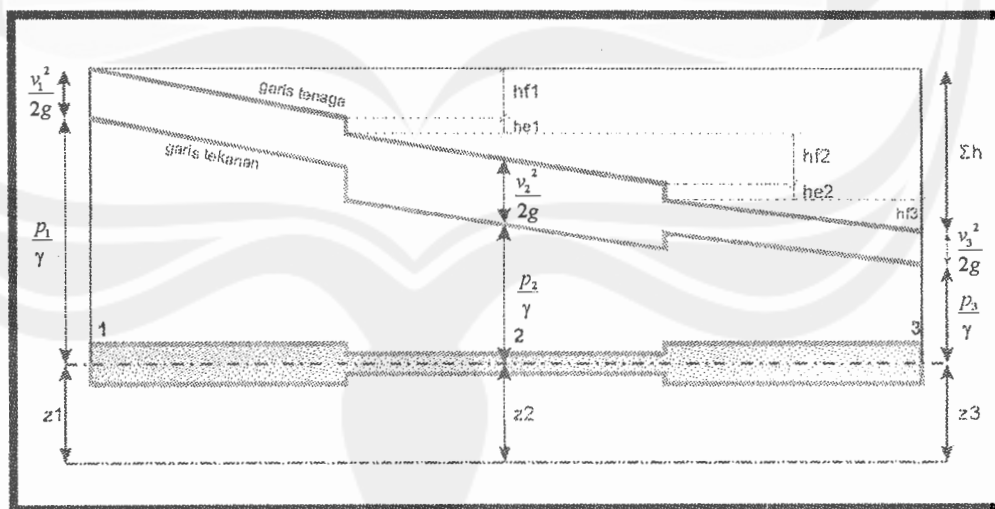
$$\left[\frac{v_a}{2g} + z_a + \frac{p_a}{\gamma} \right] - \left[\frac{v_b}{2g} + z_b + \frac{p_b}{\gamma} + h_L \right] = 0 \quad (2-4)$$

yang menunjukkan bahwa jumlah tinggi elevasi, tinggi tekanan dan tinggi kecepatan di kedua titik adalah sama. Dengan demikian garis tenaga pada aliran zat cair ideal adalah konstan. (Kodoatie, 2002)

2.6.2. Persamaan Bernoulli untuk zat cair riil

Di dalam zat cair riil (viskose), akan terjadi kehilangan tenaga yang harus diperhitungkan dalam aplikasi persamaan Bernoulli. Kehilangan tenaga dapat terjadi karena adanya gesekan antara zat cair dan dinding batas (kehilangan primer) atau karena adanya perubahan tampang lintang aliran (kehilangan sekunder).

Untuk pipa sangat panjang kehilangan tenaga primer jauh lebih besar dari kehilangan tenaga sekunder, sehingga sering kehilangan tenaga sekunder diabaikan. Kehilangan tenaga biasanya dinyatakan dalam tinggi zat cair. Dengan mempertimbangkan kehilangan tenaga tersebut maka persamaan Bernoulli menjadi seperti berikut. (Tiratmodjo, 1993)



Gambar 2.3 Grafik Bernoulli

$$\left[\frac{v_a}{2g} + z_a + \frac{p_a}{\gamma} \right] = \left[\frac{v_b}{2g} + z_b + \frac{p_b}{\gamma} \right] + \sum h_e + \sum h_f \quad (2-5)$$

2.7. Kehilangan Tenaga Pada Pipa

Kehilangan tenaga pada pipa dapat dibedakan menjadi dua yaitu kehilangan tenaga primer akibat gesekan dengan dinding pipa dan kehilangan tenaga sekunder akibat perubahan luas penampang pipa, belokan, dan katup.

2.7.1. Kehilangan tenaga primer

Kehilangan tenaga primer dapat dinyatakan sebagai berikut.

$$h_f = L \left(\frac{Q}{K} \right)^2 \quad (2-6)$$

Di mana L adalah panjang pipa/saluran, Q adalah debit yang mengalir dan K adalah debit angkut. Besarnya debit angkut dihitung dari bahan pipa dan diameter pipa. Untuk menentukan besarnya K pada bahan pipa pemadam (*fire hose*) dan pipa baja dapat dilihat pada tabel berikut. (Simon, 1983)

Tabel 2.1 Debit angkut untuk pipa pemadam dan pipa baja

Bahan Pipa	Diameter		Debit Angkut (K)			
	in	Cm	gpm	ft ³ /dt	liter/dt	m ³ /dt
Pipa pemadam (<i>fire hose</i>)	³ / ₄	1,9050	19,7	0,0433	1,2411	0,001241
	1	2,5400	54	0,1188	3,4020	0,003402
	1 ¹ / ₂	3,8100	134	0,2948	8,4420	0,008442
	2	5,0800	233	0,5126	14,6790	0,014679
	2 ¹ / ₂	6,3500	465	1,0230	29,2950	0,029295
	2 ³ / ₄	6,9850	537	1,1814	33,8310	0,033831
	3	7,6200	736	1,6192	46,3680	0,046368
	4	10,1600	1471	3,2362	92,6730	0,092673
Pipa baja	4 ¹ / ₂	11,4300	2079	4,5738	130,9770	0,130977
	2	5,0800	224	0,4928	14,1120	0,014112
	6	15,2400	4086	8,9892	257,4180	0,257418
	8	20,3200	8666	19,0652	545,9580	0,545958
	12	30,4800	24875	54,7250	1567,1250	1,567125
	24	60,9600	150415	330,9130	9476,1450	9,476145

Sumber : Fire Hydraulics, 1983

Persamaan (2-6) diturunkan dari persamaan Darcy-Weisbach untuk kehilangan tenaga akibat gesekan pada aliran dalam pipa yaitu :

$$h_f = f \frac{Lv^2}{D2g}$$

Dengan menyubstitusikan persamaan (2-6) pada sisi kiri persamaan maka didapat K sebagai berikut.

$$f \frac{Lv^2}{D2g} = L \left(\frac{Q}{K} \right)^2$$

v pada persamaan di atas dapat ditulis sebagai berikut.

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{Q}{\left(\frac{\pi D^2}{4} \right)} = \frac{4Q}{\pi D^2}$$

Dengan mengkuadratkan kedua sisi maka didapatkan persamaan berikut.

$$v^2 = \left(\frac{4}{\pi} \right)^2 \frac{Q^2}{D^4}$$

Persamaan di atas dapat disubstitusikan pada v^2 pada persamaan pertama menjadi sebagai berikut.

$$\frac{f}{2gD} \left(\frac{4}{\pi} \right)^2 \frac{Q^2}{D^4} = \frac{Q^2}{K^2}$$

Dinyatakan dalam K maka persamaan di atas menjadi seperti berikut.

$$K = D^{5/2} \frac{\pi}{4} \sqrt{\frac{2g}{f}}$$

(Simon, 1983)


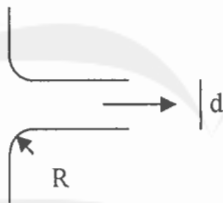

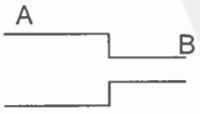
2.7.2. Kehilangan tenaga sekunder

Secara matematis kehilangan tenaga sekunder dapat dirumuskan sebagai berikut.

$$h_e = k \frac{v^2}{2g} \quad (2-7)$$

Di mana k adalah koefisien kehilangan tenaga sekunder yang besarnya tergantung dari jenis perubahan penampang. Besarnya k dapat dilihat pada tabel berikut. (Simon, 1983)

Tabel 2.2 Koefisien Kehilangan Tenaga Sekunder

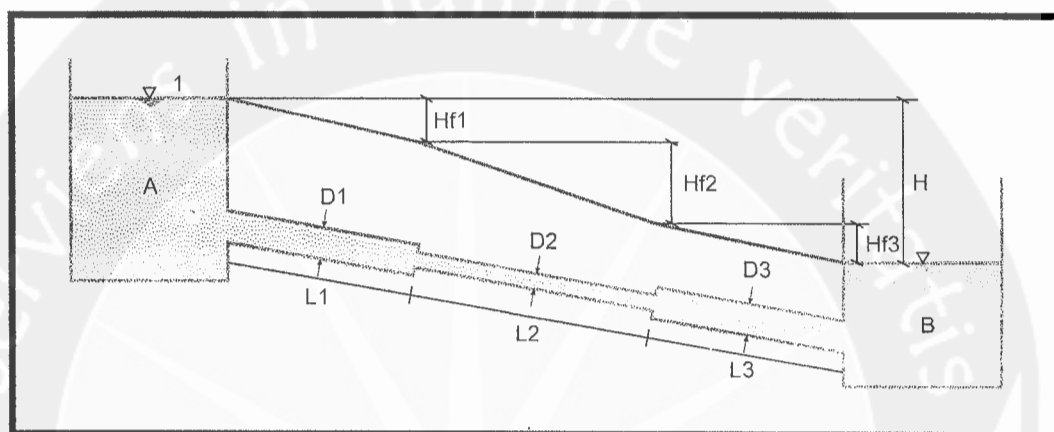
	<p><i>Perpendicular square entrance</i> k = 0,5</p>
	<p><i>Perpendicular rounded entrance</i> k = 0,05</p>
	<p>k = 1</p>
	<p>$k = 1 - \frac{v_b}{v_a}$</p>

Sumber : Hidraulik II, 1993

2.8. Sistem Pipa

2.8.1. Pipa hubungan seri

Apabila suatu saluran pipa terdiri dari pipa – pipa dengan ukuran yang berbeda, pipa tersebut adalah dalam hubungan seri.



Gambar 2.4 Pipa Hubungan Seri

Gambar menunjukkan suatu sistem tiga pipa dengan karakteristik berbeda yang dihubungkan secara seri. Panjang dan diameter masing – masing pipa adalah L_1 , L_2 , L_3 dan D_1 , D_2 , D_3 . Jika beda tinggi muka air kedua kolam diketahui, akan dicari besar debit aliran Q dengan menggunakan persamaan kontinuitas dan energi (Bernoulli).

Langkah pertama yang harus dilakukan adalah menggambar garis tenaga. Seperti terlihat pada gambar . garis tenaga akan menurun ke arah aliran. Kehilangan tenaga pada aliran adalah hf_1 , hf_2 dan hf_3 . Dianggap bahwa kehilangan tenaga sekunder kecil sehingga diabaikan. (Triatmodjo, 1993)

$$Q = Q_1 = Q_2 = Q_3 \quad (2-8)$$

Persamaan energi yang diperoleh dari persamaan Bernoulli adalah.

$$z_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2g} = z_2 + \frac{p_2}{\gamma} + \frac{v_2^2}{2g} + h_{f1} + h_{f2} + h_{f3} \quad (2-9)$$

2.8.2. Pipa hubungan paralel

Pada keadaan di mana pipa terhubung secara paralel seperti pada gambar. Maka persamaan kontinuitas adalah sebagai berikut.

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 \quad (2-10)$$

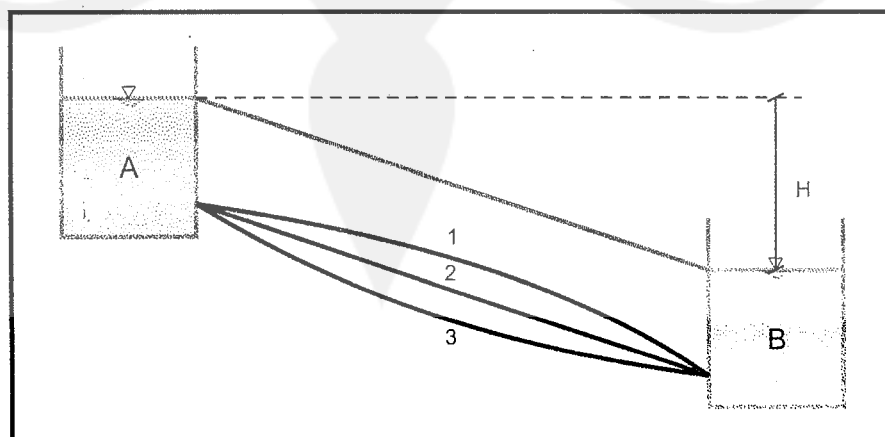
Persamaan energi menjadi seperti berikut.

$$z_a + \frac{p_a}{\gamma} + \frac{v_a^2}{2g} = z_b + \frac{p_b}{\gamma} + \frac{v_b^2}{2g} + H$$

Dengan H adalah sebagai berikut.

$$H = h_{f1} = h_{f2} = h_{f3} \quad (2-11)$$

(Triatmodjo, 1993)



Gambar 2.5 Pipa Hubungan Paralel

2.9. Pompa

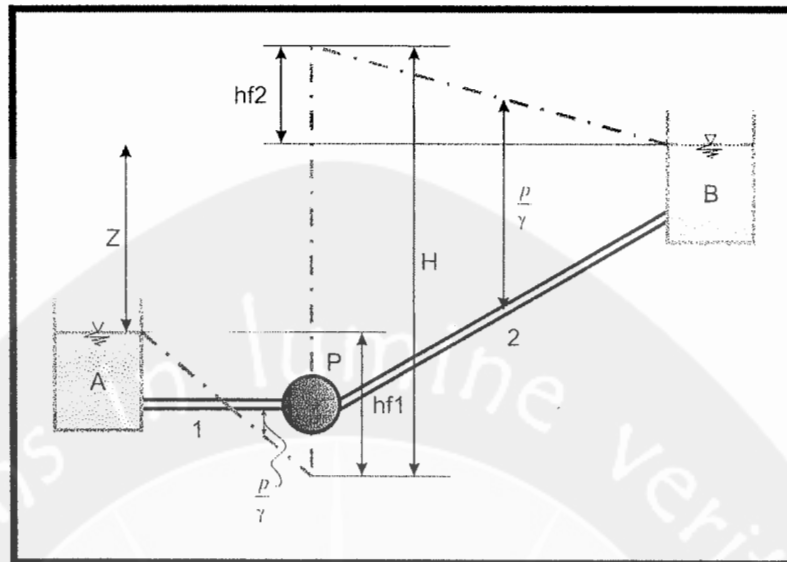
2.9.1. Hidrolika pompa

Pompa melepaskan energi ke air yang menyebabkan air tersebut bergerak dari satu titik saluran menuju titik yang lain. Ada banyak macam pompa yang digunakan dalam berbagai macam jenis pekerjaan lapangan. Secara umum pompa dapat diklasifikasikan dalam tiga jenis.

1. Pompa sentrifugal : digerakkan oleh gaya sentrifugal dari putaran.
2. Pompa rotasi : digerakkan oleh rotasi dari kipas dengan *suction chamber*.
3. Pompa piston : digerakkan dengan alat piston. Gerakan naik turun membuat fluida terserap ke atas.

Dari semua kategori di atas, yang paling umum digunakan adalah pompa sentrifugal. (Simon, 1983)

Jika pompa menaikkan zat cair dari kolam satu ke kolam lain dengan selisih elevasi muka air z ditambah dengan kehilangan tenaga selama pengaliran dalam pipa tersebut. Kehilangan tenaga adalah ekuivalen dengan penambahan tinggi elevasi, sehingga efeknya sama dengan jika pompa menaikkan zat cair setinggi $H = z + \sum h_f$. Dalam gambar tinggi kecepatan diabaikan sehingga garis tenaga berimpit dengan garis tekanan.



Gambar 2.6 Kehilangan energi pada pipa dengan pompa

Kehilangan tenaga terjadi pada pengaliran pipa satu dan dua yaitu sebesar h_{f1} dan h_{f2} . Pada pipa satu yang merupakan pipa isap, garis tenaga (dan tekanan) menurun sampai di bawah pipa. Bagian pipa di mana garis tekanan dibawah sumbu pipa (Triatmodjo, 1993). Daya yang diperlukan pompa untuk menaikkan zat cair.

$$P = \frac{QH_p \gamma}{\eta} \quad (2-12)$$

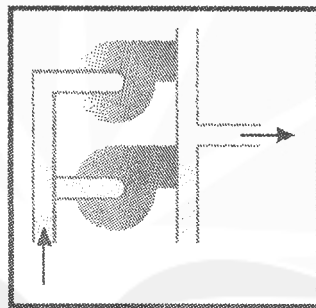
Persamaan Bernoulli untuk sistem pipa dengan pompa seperti tergambar di atas adalah sebagai berikut.

$$\frac{V_1^2}{2g} + \frac{p_1}{\gamma} + H_p = \frac{V_2^2}{2g} + \frac{p_2}{\gamma} + h_{f1} + h_{f2} + H_s \quad (2-13)$$

2.9.2. Sistem pipa dengan pompa

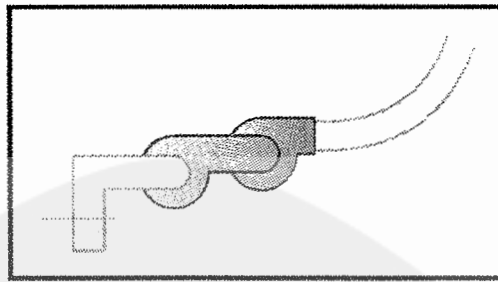
Jenis rangkaian pompa dalam sistem pipa dapat digolongkan menjadi dua jenis yaitu sebagai berikut.

1. Sistem Paralel. Gambar 2.6 menunjukkan contoh pemasangan pompa sistem paralel pada suatu sambungan pipa. Untuk pemasangan pompa yang paralel maka besarnya total energi H adalah konstan, betapapun jumlah pompanya. Debit sistem akan membesar tergantung dari kekuatan masing-masing pompa.



Gambar 2.7 Pompa Hubungan Paralel

2. Sistem Seri. Pada pemasangan pompa dengan sistem seri, besarnya debit akan tetap betapapun pompanya. Sedangkan jumlah total energi akan bertambah tergantung dari berapa jumlah pompanya. Contoh pipa seri ditunjukkan pada gambar 2.7.



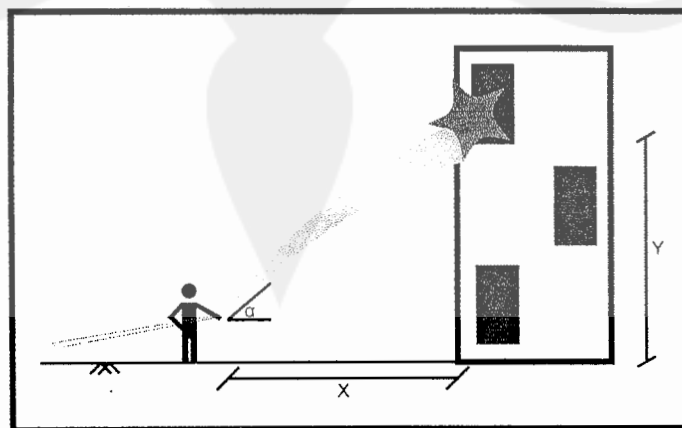
Gambar 2.8 Pompa Hubungan Seri

Grafik perbandingan debit dengan energi yang dikeluarkan oleh semua pompa dapat digambarkan sebagai berikut. (Simon, 1983)

2.10. Semburan Air Melalui Nozzle

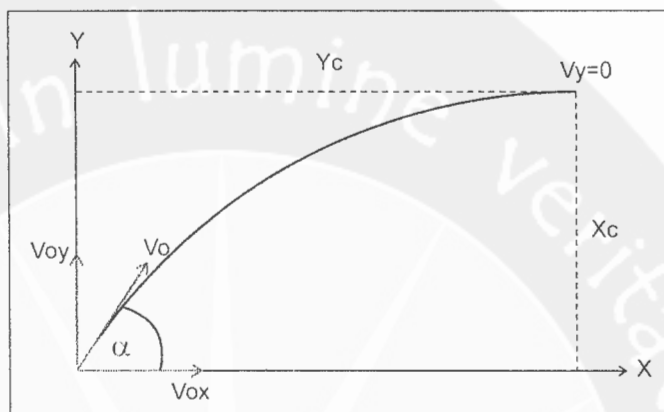
2.10.1. Menghitung kecepatan semburan

Semburan air pada *nozzle* dihitung dengan mempertimbangkan jarak horizontal dan vertikal semburan dari titik api, diameter *nozzle*, tekanan pada *nozzle* dan debit yang keluar melalui *nozzle*. Gambar 2.9 menunjukkan skema proses pemadaman api pada sebuah gedung.



Gambar 2.9 Skema Semburan

Gambar 2.8 menunjukkan pola gerak air yang disemburkan melalui *nozzle*. Gerak tersebut dapat dianalogikan sebagai gerak parabola yang sering disebut sebagai gerak peluru.



Gambar 2.10 Gerak parabola

Gerak peluru merupakan gerak dalam 2 dimensi (bidang)..Posisi awal peluru terletak di pusat koordinat, jadi $x_0 = 0$ dan $y_0 = 0$. Peluru mempunyai kecepatan awal v_0 . Kecepatan awal peluru ini dapat diuraikan menjadi komponen-komponennya.

$$v_{ox} = v_0 \cos \alpha$$

$$v_{oy} = v_0 \sin \alpha$$

Setelah peluru melayang di udara, pada peluru hanya bekerja percepatan (a) gravitasi yang arahnya ke bawah.

$$a_y = -g$$

$$a_x = 0$$

Sehingga untuk gerak peluru persamaan geraknya adalah sebagai berikut.

Tabel 2.3 Komponen gerak peluru

Komponen sumbu x	Komponen sumbu y
(1x) $v_x = v_o \cos \alpha$	(1y) $v_y = v_o \sin \alpha - gt$
(2x) $x = v_o \cos \alpha \times t$	(2y) $y = (v_o \sin \alpha \times t) - \frac{1}{2}gt^2$
	(3y) $v_y^2 = (v_o \sin \alpha)^2 + 2gy$

Sumber : Fisika I, 1997

Besar kecepatan partikel pada saat t adalah $v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2}$. Arah kecepatan

terhadap sumbu x adalah $\tan \alpha = \frac{v_y}{v_x}$. Dengan mensubstitusikan t dari

persamaan (2x) ke persamaan (2y) akan diperoleh persamaan berikut.

$$y = (v_o \sin \alpha \times t) - \frac{1}{2}gt^2$$

$$y = (\operatorname{tg} \alpha)x - \left[\frac{g}{2v_o^2 \cos^2 \alpha} \right] x^2$$

$$y = Ax - Bx^2$$

Dari persamaan tersebut tampak bahwa lintasan peluru berupa lintasan parabolik.

Dengan mengasumsikan ketinggian titik api sebagai Y_c , maka v minimum yang dibutuhkan untuk mencapai ketinggian tersebut adalah sebagai berikut.

$$v_{cy} = v_o \sin \alpha - gt_c \rightarrow v_{cy} = 0$$

$$0 = v_o \sin \alpha - gt_c$$

$$gt_c = v_o \sin \alpha$$

$$t_c = \frac{v_o \sin \alpha}{g}$$

(Kanginan, 1997)

Substitusikan t_c ke persamaan (2x) dan (2y) pada Tabel 2.3 maka didapat persamaan jarak pada sumbu Y dan sumbu X seperti pada Tabel 2.4.

Tabel 2.4 Komponen gerak parabolik pada $v_y = 0$

Komponen sumbu x	Komponen sumbu y
$\Leftrightarrow x_c = v_o \cos \alpha \times t_c$	$\Leftrightarrow y_c = (v_o \sin \alpha \times t_o) - \frac{1}{2}gt_c^2$
$\Leftrightarrow x_c = v_o \cos \alpha \frac{v_o \sin \alpha}{g}$	$\Leftrightarrow y_c = \left(v_o \sin \alpha \frac{v_o \sin \alpha}{g} \right) - \frac{1}{2}g \left(\frac{v_o \sin \alpha}{g} \right)^2$
$\Leftrightarrow x_c = \frac{v_o^2 \sin \alpha \cos \alpha}{g}$	$\Leftrightarrow y_c = \left(\frac{v_o^2 \sin^2 \alpha}{g} \right) - \frac{1}{2} \frac{v_o^2 \sin^2 \alpha}{g}$
$\Leftrightarrow v_o^2 = \frac{gx_c}{\sin \alpha \cos \alpha}$	$\Leftrightarrow y_c = \frac{1}{2} \frac{v_o^2 \sin^2 \alpha}{g}$
	$\Leftrightarrow v_o^2 = \frac{2gy_c}{\sin^2 \alpha}$

Sumber : <http://free.vlsm.org/v12/sponsor/Sponsor-Pendamping/Praweda/Fisika/Fisika%201.htm>

Berdasar Tabel 2.4 didapat komponen v_o untuk gerak arah sumbu Y dan sumbu X saat berada di titik puncak. Dengan menyamakan v_o pada kedua komponen sumbu maka didapat sudut α .

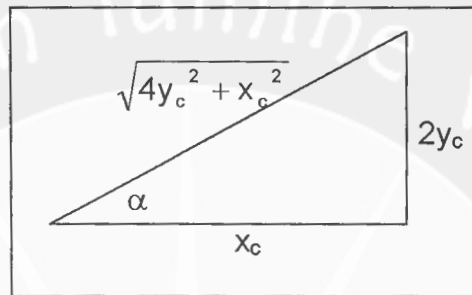
$$v_o^2 = v_o^2$$

$$\frac{gx_c}{\sin \alpha \cos \alpha} = \frac{2gy_c}{\sin^2 \alpha}$$

$$\frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} = \frac{2y_c}{x_c}$$

$$\tan \alpha = \frac{2y_c}{x_c}$$

(2-14)

Gambar 2.11 Komponen trigonometri pada $v_y = 0$

$$\sin \alpha = \frac{2y_c}{\sqrt{4y_c^2 + x_c^2}}$$

$$v_o^2 = \frac{2gy_c}{\sin^2 \alpha}$$

$$v_o = \frac{\sqrt{2gy_c} \sqrt{4y_c^2 + x_c^2}}{2y_c}$$

$$v_o = \frac{\sqrt{g} \sqrt{4y_c^2 + x_c^2}}{\sqrt{2y_c}}$$

$$v_o = \sqrt{\frac{g(4y_c^2 + x_c^2)}{2y_c}}$$

(2-15)

Dengan menyatakan persamaan 2.15 dalam y_c maka y_c dapat ditemukan.

$$y_c = \frac{g(4y_c^2 + x_c^2)}{2v_o^2}$$

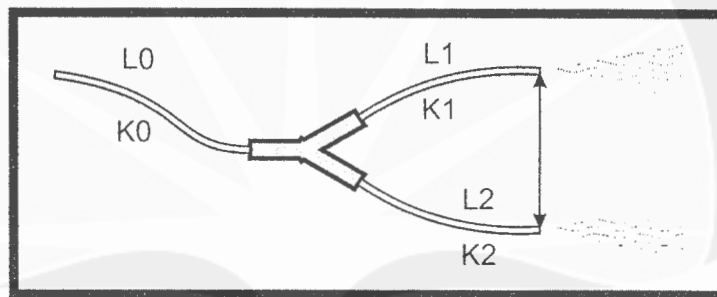
(2-16)

(Surya, 2003)

2.10.2. Pipa bercabang pada nozzle

Terkadang ditemui situasi di mana satu sumber air harus melayani dua semburan. Pada kasus ini akan terdapat percabangan pada sistem pipa.

Gambar 2.10 menunjukkan situasi yang terjadi.



Gambar 2.12 Percabangan Pada Nozzle

Pada sistem seperti tergambar berlaku hukum kontinuitas dan hukum kekekalan energi. Dari kedua hukum tersebut ditambah dengan rumus energi dengan variabel debit angkut, didapat rumus sebagai berikut.

$$Q_1 = \frac{Q_0 - K_2 \sqrt{\frac{z}{L_2}}}{1 + \left(\frac{K_2}{K_1}\right) \sqrt{\frac{L_1}{L_2}}}$$

(2-17)

Dengan L adalah panjang pipa dan K adalah koefisien debit angkut. (Simon, 1993)

2.11. Pemrograman dengan Visual Basic 6.0

Basic (*Beginner's all-purpose Symbolic Interchange Code*) ditemukan di *Darmouth College* oleh John Kemeny pada pertengahan tahun 1960. Bahasa ini dirancang pertama kali untuk menangani aplikasi yang berhubungan dengan ilmu sains. Tetapi, saat ini pemakaian bahasa *basic* telah mencakup bidang yang sangat luas. Bahasa *basic* ini merupakan suatu bahasa yang berbentuk prosedural (proses yang dilakukan oleh komputer harus diberikan secara berurutan dalam suatu prosedur tertentu).

Bahasa *basic* merupakan bahasa yang memiliki kemampuan baik dan sekaligus merupakan bahasa yang termudah untuk dipelajari. Tidaklah mengherankan hingga saat ini bahasa *basic* masih tetap populer dan banyak dipelajari. Walaupun telah muncul bahasa lainnya yang lebih baik implementasinya.

Ada beberapa hal yang membuat bahasa *basic* tetap diminati. Selain mudah dipelajari, bahasa *basic* juga memiliki kebebasan bentuk program. Walaupun demikian bahasa *basic* memiliki kemampuan pembentukan program secara terstruktur.

Pada bahasa pemrograman *basic*, semua perintah yang diberikan kepada komputer dituliskan dalam bentuk bahasa yang serupa dengan bahasa yang dipergunakan oleh manusia. Jenis bahasa ini dikenal dengan istilah bahasa pemrograman tingkat tinggi. Salah satu *software* pemrograman modern yang menggunakan bahasa *basic* sekaligus

berbentuk objek (*object programming*) adalah *Visual Basic 6.0* (Ian Chandra, 1993).

Visual Basic 6.0 merupakan salah satu cara yang cepat dan mudah untuk menghasilkan aplikasi. Jadi baik pemula maupun merupakan *programer* ahli, akan dengan cepat dan mudah untuk membangun aplikasi menggunakan *Visual Basic 6.0*, dengan catatan sudah menguasai aplikasi *Windows* sebelumnya. Program ini bekerja minimal pada sistem operasi *Windows 95* atau *Windows NT4*.

Berikut beberapa bahasa *basic* yang kerap kali digunakan dalam pembuatan aplikasi program ini.

2.12. Langkah-Langkah Dalam Pemrograman Komputer

1. Mendefinisikan masalah. Ini merupakan langkah pertama yang sering dilupakan orang. Menurut hukum Murphy (oleh Henry Ledgard): "Semakin cepat menulis program, akan semakin lama kita dapat menyelesaikannya". Hal tersebut berlaku untuk permasalahan yang kompleks. Tentukan masalahnya, apa saja yang harus dipecahkan dengan menggunakan komputer, dan apa *input* serta *output*.
2. Menemukan solusi. Setelah masalah didefinisikan, maka langkah berikutnya adalah menentukan solusi. Jika masalah terlalu kompleks, maka ada baiknya masalah tersebut dipecah menjadi modul-modul kecil agar lebih mudah diselesaikan. Contohnya masalah *invers* matriks, maka dapat dibagi menjadi beberapa modul seperti meminta

- masukkan berupa matriks bujur sangkar mencari *invers* matriks menampilkan hasil kepada pengguna. Dengan penggunaan modul tersebut program utama akan menjadi lebih singkat dan mudah dilihat.
3. Memilih algoritma. Pilihlah algoritma yang benar-benar sesuai dan efisien untuk permasalahan tersebut.
 4. Menulis program. Pilihlah bahasa yang mudah dipelajari, mudah digunakan, dan lebih baik lagi jika sudah dikuasai, memiliki tingkat kompatibilitas tinggi dengan perangkat keras dan platform lainnya.
 5. Menguji program. Setelah program jadi, uji program tersebut dengan segala macam kemungkinan yang ada, termasuk penanganan eror sehingga program tersebut akan benar-benar handal dan layak digunakan.
 6. Menulis dokumentasi. Menulis dokumentasi sangat penting agar pada suatu saat jika akan melakukan perubahan atau membaca *source code* yang sudah ditulis dapat diingat-ingat lagi dan akan mudah membacanya. Caranya adalah dengan menuliskan komentar-komentar kecil tentang apa maksud kode tersebut, untuk apa, variabel apa saja yang digunakan, untuk apa, dan parameter-parameter yang ada pada suatu prosedur dan fungsi.
 7. Merawat program. Program yang sudah jadi perlu dirawat untuk mencegah munculnya *bug* yang sebelumnya tidak terdeteksi, atau mungkin juga dibutuhkan fasilitas baru yang dulu tidak ada.

2.13. Diagram Alur (Flowchart)

Flowchart adalah bentuk gambar/diagram yang mempunyai aliran satu atau dua arah secara sekuensial. *Flowchart* digunakan untuk merepresentasikan maupun mendesain program. Oleh karena itu *flowchart* harus bisa merepresentasikan komponen-komponen dalam bahasa pemrograman.

Baik *flowchart* maupun algoritma bisa dibuat sebelum maupun setelah pembuatan program. *Flowchart* dan algoritma yang dibuat sebelum membuat program digunakan untuk mempermudah pembuat program untuk menentukan alur logika program, sedangkan yang dibuat setelah pembuatan program digunakan untuk menjelaskan alur program kepada orang lain.

Tabel 2.5 Macam diagram alur

Keterangan	Lambang
Mulai/Selesai	
Aliran Data	
Input/Output	
Proses	
Percabangan	
Perulangan	
<i>Preparation</i> (Pemberian nilai awal suatu variabel)	
<i>Call</i> (memanggil suatu prosedur/fungsi)	
Titik konektor yang berada di halaman yang sama	
Titik konektor yang berada di halaman lain	

Sumber : <http://lecturer.ukdw.ac.id/anton>

2.14. Operator

Operator adalah tanda atau simbol yang digunakan untuk suatu operasi tertentu. Berikut adalah kumpulan operator.

Tabel 2.6 Operator aritmatika

Operator	Contoh	Keterangan
+	Op1+op2	Menjumlahkan dua operasi
-	Op1-op2	Mengurangkan dua operasi
*	Op1*op2	Mengalikan dua operasi
/	Op1/op2	Membagi dua operasi
%	Op1%op2	Menghasilkan sisa bagi dari pembagian dua operasi

Sumber : <http://lecturer.ukdw.ac.id/anton>

Tabel 2.7 Operator relasional

Operator	Contoh	Keterangan
>	Op1>op2	Menghasilkan nilai true jika op1 lebih besar dari op2
<	Op1<op2	Menghasilkan nilai true jika op1 lebih kecil dari op2
>=	Op1>=op2	Menghasilkan nilai true jika op1 lebih besar atau sama dengan op2
<=	Op1<=op2	Menghasilkan nilai true jika op1 lebih kecil atau sama dengan op2
=	Op1=op2	Menghasilkan nilai true jika op1 sama dengan op2
!=	Op1!=op2	Menghasilkan nilai true jika op1 tidak sama dengan op2

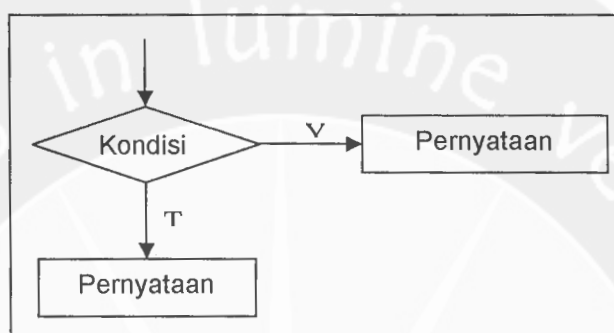
Sumber : <http://lecturer.ukdw.ac.id/anton>

2.15. Percabangan Dengan If

Percabangan di dalam pemrograman digunakan oleh komputer untuk menentukan langkah kerja instruksi. Percabangan menggunakan operator kondisional yang akan menghasilkan nilai *boolean* (benar atau salah). Jika

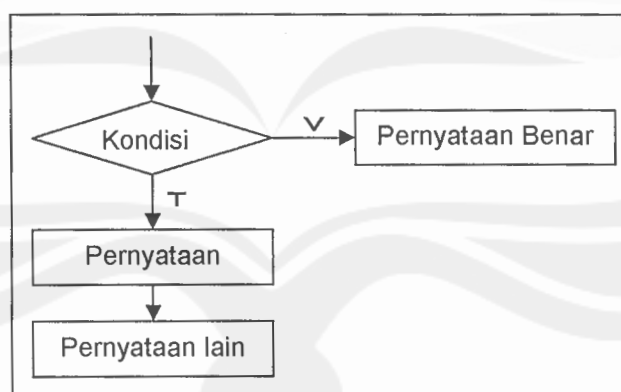
nilai yang dihasilkan benar, maka akan perintah akan dilaksanakan, sedangkan jika salah, maka instruksi tidak akan dilaksanakan.

2.15.1. Sintaks umum *if* sederhana



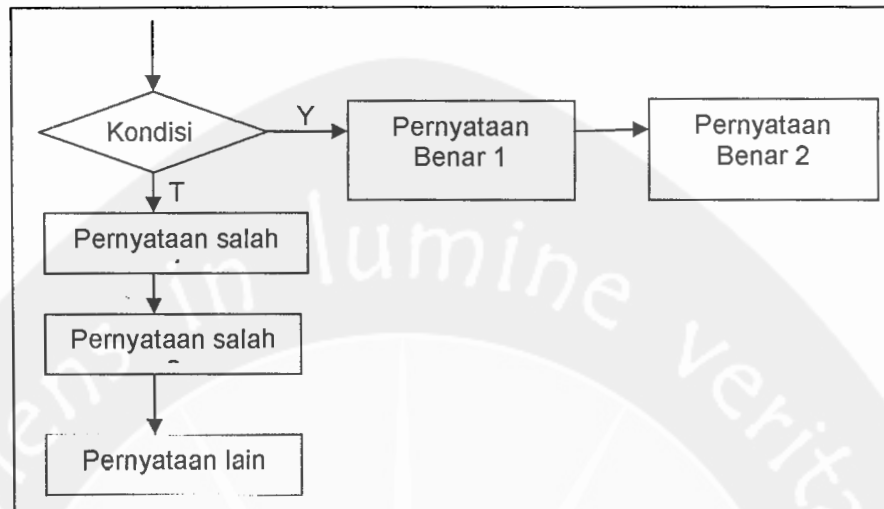
Gambar 2.13 Diagram operasi *if*

2.15.2. Sintaks umum *if* dengan *else*



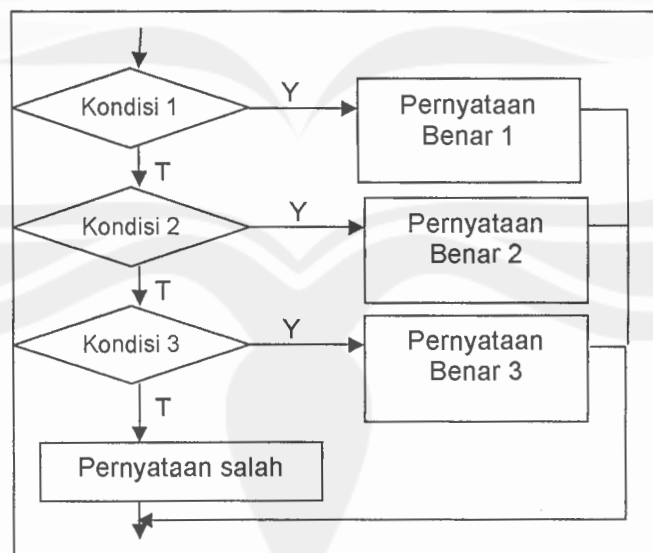
Gambar 2.14 Diagram operasi *if...else*

2.15.3. Sintaks umum *if else* dengan blok



Gambar 2.15 Diagram operasi *if...else* dengan blok

2.15.4. Sintaks umum *if else* bertingkat



Gambar 2.16 Diagram operasi *if...else* bertingkat

2.16. Perulangan (Looping)

Perulangan digunakan untuk mengerjakan suatu perintah secara berulang-ulang sesuai dengan yang diinginkan. Perulangan dalam *visual basic* terdiri dari tiga buah yaitu *while () { }, do { } while (), for ()*.

2.16.1. Struktur While

Karakteristik *while* adalah sebagai berikut.

1. Dilakukan pengecekan kondisi terlebih dahulu sebelum dilakukan perulangan. Jika kondisi yang dicek bernilai benar (*true*) maka perulangan akan dilakukan.
2. Blok pernyataan tidak harus ada. Struktur tanpa pernyataan akan tetap dilakukan selama kondisi masih *true*.

2.16.2. Struktur do ... while

Karakteristik *do ... while ()* adalah sebagai berikut.

1. Perulangan akan dilakukan minimal satu kali terlebih dahulu, kemudian baru dilakukan pengecekan terhadap kondisi, jika kondisi benar maka perulangan masih akan tetap dilakukan.
2. Perulangan dengan *do...while ()* akan dilakukan sampai kondisi *false*.

2.16.3. Struktur For

Karakteristik struktur *for* adalah sebagai berikut.

1. Digunakan untuk perulangan yang batasnya sudah diketahui dengan jelas, misalnya dari satu sampai sepuluh.
2. Memerlukan dua buah variabel awal dan akhir perulangan.
3. Nilai variabel penghitung akan secara otomatis bertambah atau berkurang tiap kali sebuah pengulangan dilaksanakan.

(<http://lecturer.ukdw.ac.id/anton>, 23 Juli 2007, 02.12 WIB, Bayonet)

