

TEKNOLOGI TENAGA FLUIDA
(Teori dan Aplikasi pada Sistem Hidrolik)
Hasanuddin & Hendri Nurdin

UNDANG-UNDANG REPUBLIK INDONESIA
NO 19 TAHUN 2002
TENTANG HAK CIPTA
PASAL 72
KETENTUAN PIDANASANGSI PELANGGARAN

1. Barangsiapa dengan sengaja dan tanpa hak mengumumkan atau memperbanyak suatu Ciptaan atau memberi izin untuk itu, dipidana dengan pidana penjara paling singkat 1 (satu) bulandandenda paling sedikit Rp 1.000.000, 00 (satu juta rupiah), atau pidana penjara paling lama 7 (tujuh) tahundandenda paling banyak Rp 5.000.000.000, 00 (lima milyar rupiah)
2. Barangsiapa dengan sengaja menyerahkan, menyiarkan, memamerkan, mengedarkan, atau menjual kepada umum suatu Ciptaan atau barang hasil pelanggaran Hak Cipta atau Hak Terkait sebagaimana dimaksud dalam ayat (1), dipidana dengan pidana penjara paling lama 5 (lima) tahundandenda paling banyak Rp 500.000.000, 00 (lima ratus juta rupiah).

TEKNOLOGI TENAGA FLUIDA

(Teori dan Aplikasi pada Sistem Hidrolik)

**Hasanuddin
Hendri Nurdin**



2019

TEKNOLOGI TENAGA FLUIDA

(Teori dan Aplikasi pada Sistem Hidrolik)

editor, Tim editor UNP Press

Penerbit UNP Press, Padang, 2019

1 (satu) jilid; 14 x 21 cm (A5)

385 hal.

ISBN : 978-602-1178-447

TEKNOLOGI TENAGA FLUIDA

(Teori dan Aplikasi pada Sistem Hidrolik)

Hak Cipta dilindungi oleh undang-undang pada penulis

Hak penerbitan pada UNP Press

Penyusun: Hasanuddin & Hendri Nurdin

Editor Substansi: Tim UNP Press

Editor Bahasa: Prof. Dr. Harris Effendi Thahar, M.Pd

Desain Sampul & Layout: Dr. Asrul Huda, M.Kom

PRAKATA

Seiring dengan perkembangan dan kemajuan teknologi dewasa ini, terbukti bahwa penggunaan Tenaga Fluida pada sistem atau mekanisme pemindahan gerakan dan tenaga memegang peranan penting. Sekalipun mendapat persaingan dari sistem pemindahan tenaga perantara listrik & elektronika, namun cara pemindahan dengan tenaga fluida (hidrolik) menunjukkan keunggulan tersendiri. Penggunaannya baik secara teknologi dan ekonomi hampir menjangkau di semua sektor kehidupan terutama sekali bagi keperluan mekanisasi dan otomatisasi.

Berkaitan dengan kepentingan tersebut, terasa sekali akan kebutuhan ilmu pengetahuan yang membicarakan perihal Teknologi Tenaga Fluida baik untuk kalangan Perguruan Tinggi Teknik maupun bagi kepentingan dunia industri dan manufaktur. Oleh sebab itu, buku ini disusun untuk menjawab tantangan dan tuntutan informasi tersebut, terutama bagi mereka yang berkecimpung di dalam melayani sistem-sistem pemindahan tenaga fluida (hidrolik) serta mereka yang antusias mendalami persoalan dan penerapan Mekanika Fluida di bidang permesinan.

Ucapan terima kasih, tim penulis sampaikan kepada reviewer penerbit yang telah meluangkan waktu untuk mengkritisi dan sumbang saran dalam penyusunan buku ini. Namun demikian, bak kata pepatah “Tak ada gading yang tak retak“ tidak terlepas kemungkinan adanya kekurangan buku ini dan jauh dari kesempurnaan.

Kritik dan saran demi perbaikan di masa mendatang sangat dinantikan dari berbagai pihak. Akhirul kalam, puji syukur Alhamdulillah kehadiran Allah subbhanahu taala atas segala

rahmatNya, semoga buku ini dapat diterima kehadirannya di tengah pembaca yang budiman. Terima kasih.

Padang, Agustus 2019

Penulis !

DAFTAR ISI

PRAKATA	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR GAMBAR	xxi
I. PENDAHULUAN	
A. Pengantar	1
B. Berbagai Bentuk Penggunaan Tenaga Fluida	2
C. Prinsip Kerja Tenaga Fluida	4
D. Pengertian Tenaga dan Tenaga Fluida	6
E. Soal-Soal	15
II. PRINSIP TEKNOLOGI TENAGA FLUIDA	
A. Pengantar	17
B. Prinsip Pemindahan Tenaga dan Penggandaan Gaya	17
C. Jenis-jenis Sistem Hidrolik	23
D. Soal-Soal	33
III. FLUIDA HIDROLIK	
A. Pengantar	35
B. Jenis-Jenis Fluida Hidrolik	35
C. Pemakaian Fluida Hidrolik	38
D. Sifat-Sifat Fluida Hidrolik	40
E. Soal-Soal	59
IV. ENERGI ALIRAN FLUIDA PADA SISTEM HIDROLIK	
A. Pengantar	61

B.	Pengertian Tekanan dan Tinggi Tekanan	61
C.	Persamaan Energi Aliran	64
D.	Debit Aliran dan Hukum Kontinuitas	68
E.	Persamaan Bernoulli dan Tenaga Aliran	72
F.	Aliran Melalui Orifis	77
G.	Aliran dalam Pipa dan Bilangan Reynold	82
H.	Kehilangan Energi Aliran pada Sistem Hidrolik	85
I.	Soal-Soal	130
V.	HENTAKAN HIDROLIK	
A.	Pengantar	131
B.	Pukulan Tekanan Hidrolik	131
C.	Getaran Pribadi dan Getaran Paksa	134
D.	Peredam Getaran	136
E.	Soal-Soal	140
VI.	POMPA HIDROLIK	
A.	Pengantar	141
B.	Teori Dasar Pompa dan Prinsip Pemindahan	142
C.	Istilah-Istilah Tekanan Dalam Pompa	145
D.	Jenis-Jenis Pompa Hidrolik	149
E.	Karakteristik dan Faktor-Faktor Pemilihan Pompa	199
F.	Soal-Soal	205
VII.	SILINDER HIDROLIK	
A.	Pengantar	208
B.	Silinder Hidrolik Kerja Tunggal	208
C.	Silinder Hidrolik Kerja Ganda	209
D.	Menghitung Besar Gaya dan Ukuran Silinder	210
E.	Silinder Hidrolik Jenis Ven	219
F.	Perlengkapan Pengereman Silinder	220
G.	Soal-Soal	226

VIII. MOTOR HIDROLIK

A. Pengantar	227
B. Jenis-Jenis Motor Hidrolik	227
C. Menentukan Karakteristik Motor	236
D. Soal-Soal	241

IX. KATUP HIDROLIK

A. Pengantar	242
B. Katup Kontrol Tekanan	243
C. Katup Kontrol Arah	253
D. Katup Kontrol Volume	265
E. Soal-Soal	272

X. RANCANGAN SISTEM DAN RANGKAIAN HIDROLIK

A. Pengantar	273
B. Mengenal Simbol komponen Sistem Hidrolik .	275
C. Menentukan Spesifikasi Sistem Hidrolik	283
D. Bentuk-Bentuk Pemindahan Tenaga Sistem	290
E. Bentuk-bentuk Rangkaian Dasar Sistem	299
F. Soal-soal	

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

	Hal
Tabel 1.1 Cara Penentuan Harga Tenaga Aliran Fluida . . .	15
Tabel 3.1 Daftar Jenis Satuan Viskositas Fluida	50
Tabel 4.1 Nilai Kekasaran Absolut Pipa Aliran Fluida . . .	104
Tabel 4.2 Nilai Faktor Hambatan Graduasi Berdasarkan Perbandingan Diameter (d_2/d_1)	109
Tabel 4.3 Koefisien Hambatan Pengecilan Penampang Aliran	110
Tabel 4.4 Nilai-Nilai Koefisien Kehilangan sebagai Fungsi dari δ dan r_m/d_1	113
Tabel 4.5 Nilai-Nilai Koefisien Hambatan dengan Sudut Pembengkokan	113
Tabel 4.6 Koefisien Kehilangan dalam Sebuah Pencabangan Pipa	116
Tabel 4.7 Faktor Koreksi Hambatan Hidrolik pada Saringan	116
Tabel 4.8 Nilai Koefisien Pada Katup Penghambat	116
Tabel 4.9 Faktor Hambatan Hidrolik dan Panjang Ekuivalen	119
Tabel 4.10 Pedoman Pemilihan Ukuran Pipa Sistem Hidrolik	134
Tabel 4.11 Ukuran Diameter dan Tekanan kerja Menurut Standar Pemasangan skedul 40 Pipa Baja . . .	135

Tabel 4.12	Nilai koefisien K_1 dan K_2 Diameter Nominal Pipa	136
Tabel 6.1	Perbandingan Efisiensi Berbagai Tipe Pompa Hidrolik	233
Tabel 7.1	Jenis Tumpuan dan Perletakan Silinder Hidrolik	246
Tabel 7.2	Daftar Pemilihan Diameter Batang Piston Berdasarkan Panjang Tabung Penghentian . .	249
Tabel 7.3	Penentuan ukuran diameter batang piston pada beban maksimum	250
Tabel 10.1	Matrikulasi Tugas Perencana dan Teknisi Sistem Hidrolik.	317
Tabel 10.2	Simbol-simbol Standar untuk Komponen Sistem Hidrolik . . . (Lampiran)	

DAFTAR GAMBAR

	Hal
Gambar 1.1 Gambar Jenis Mesin Traktor	3
Gambar 1.2 Kelengkapan Pengontrol Traktor	4
Gambar 1.3 Truk Pengangkut Koral dengan Tenaga Fluida.	5
Gambar 1.4 Tenaga Fluida pada Sistem Roda Pesawat	6
Gambar 1.5 Ilustrasi Berbagai Bentuk Energi	8
Gambar 1.6 Konversi Tenaga Kuda	10
Gambar 1.7 Sketsa Rangkaian Sistem Hidrolik	11
Gambar 1.8 Gambar Contoh Soal 1-2	13
Gambar 1.9 Gambar Contoh Soal 1-3	16
Gambar 2.1 Komponen Utama Sistem Hidrolik	20
Gambar 2.2 Prinsip Penekanan Hidrolik	20
Gambar 2.3 Prinsip Perkalian Gaya	22
Gambar 2.4 Analogi Dasar-Dasar Pengembangan Tenaga Fluida	23
Gambar 2.5 Gambar Contoh Soal 2-3	25
Gambar 2.6 Sistem Pusat Terbuka	27
Gambar 2.7 Sistem Pusat Terbuka Hubungan Seri	29
Gambar 2.8 Sistem Hidrolik Rangkaian Seri- Paralel . .	30
Gambar 2.9 Sistem Hidrolik dengan Pembagi Aliran . .	31
Gambar 2.10 Sistem Pusat Tertutup	32
Gambar 2.11 Sistem Pusat Tertutup dengan Pompa Pembantu	34

Gambar 2.12	Sistem Pusat Tertutup dengan Pompa Pemindahan/Debit Konstan	34
Gambar 2.13	Pemakaian Sistem Pusat Terbuka pada Alat Loader	36
Gambar 2.14	Sistem Hidrolik Alat Buldozer	37
Gambar 2.15	Pemakaian Sistem Pusat Terbuka pada Alat Backhoe/Pengeruk	38
Gambar 2.16	Pemakaian Sistem Pusat Tertutup pada Alat Forklift	39
Gambar 3.1	Instalasi Pabrik dan Penyulingan Minyak Bumi	42
Gambar 3.2	Jenis Hasil Penyulingan Bertingkat Minyak Bumi	43
Gambar 3.3	Grafik Hubungan Massa Jenis Fluida dengan Temperatur dan Tekanan	49
Gambar 3.4	Efek Tekanan Dalam Slang Terhadap Modulus Bulk Fluida	51
Gambar 3.5	Sketsa Plat Geser Di atas Lapisan Fluida .	56
Gambar 3.6	Saybolt Viscometer	58
Gambar 3.7	Alat Uji Visco Kinematika	59
Gambar 3.8	Grafik hubungan Viskositas dan Temperatur Fluida	60
Gambar 4.1	Gambar Contoh Soal 4-1	72
Gambar 4.2	Energi Potensial massa Fluida	74
Gambar 4.3	Energi Kinetik Penggerak Kincir	75
Gambar 4.4	Perbedaan Tinggi Statik dan Dinamik . .	78
Gambar 4.5	Aliran fluida dalam Tabung Arus	79

Gambar 4.6	Gambar Contoh Soal 4-3	80
Gambar 4.7	Gambar Contoh Soal 4-4	81
Gambar 4.8	Lintasan Aliran Arus Dalam Tabung . . .	83
Gambar 4.9	Gambar Contoh Soal 4-5	85
Gambar 4.10	Tinggi Energi Total Aliran Fluida	87
Gambar 4.11	Gambar Contoh Soal 4-6	88
Gambar 4.12	Aliran Melalui Orifis	89
Gambar 4.13	Bentuk-bentuk Orifis dan Koefisien Debitnya	91
Gambar 4.14	Gambar Contoh Soal 4-7	93
Gambar 4.15	Distribusi Aliran Laminar Dalam Pipa. . .	94
Gambar 4.16	Distribusi Aliran Turbulen Dalam Pipa .	95
Gambar 4.17	Kehilangan Gesekan Aliran Dalam Pipa .	99
Gambar 4.18	Diagram Moody	103
Gambar 4.19	Kehilangan Akibat Pembesaran Aliran . .	108
Gambar 4.20	Kehilangan Akibat Pengecilan Aliran. . .	109
Gambar 4.21	Bentuk-Bentuk Peralihan Penampang Penyempitan Aliran	111
Gambar 4.22	Kehilangan Tinggi pada Belokan dan Bengkokan.	112
Gambar 4.23	Kehilangan pada Katup Kerucut dan Katup Bola	117
Gambar 4.24	Gambar Contoh Soal 4-15	122
Gambar 4.25	Gambar Contoh Soal 4-16	124
Gambar 4.26	Gambar Contoh Soal 4-17	127

Gambar 4.27	Sketsa Tata letak untuk Perencanaan Rangkaian	138
Gambar 4.28	Gambar untuk Soal 6	148
Gambar 5.1	Akumulator Tekanan Gas dengan Bladder .	157
Gambar 5.2	Gambar Contoh Soal 5-2	158
Gambar 6.1	Perbandingan Prinsip Pemindahan	163
Gambar 6.2	Sketsa Tinggi Tekanan Isap dan Kemporaan Sebuah Pompa secara Umum	168
Gambar 6.3	Pompa Rodagigi L:uar	172
Gambar 6.4	Pompa Rodagigi Dalam	173
Gambar 6.5	Pompa Gerotor	174
Gambar 6.6	Pompa Ruji-Ruji Seimbang	179
Gambar 6.7	Pompa Ruji-Ruji Tak Seimbang	180
Gambar 6.8	Perbedaan Pompa Ruji-ruji Seimbang dan Tak Seimbang	181
Gambar 6.9	Model Dasar Konstruksi Pompa Piston . .	185
Gambar 6.10	Pompa Piston Aksial Poros Lurus	186
Gambar 6.11	Pompa Piston Aksial Blok Silinder Tetap .	187
Gambar 6.12	Pompa Piston Aksial Poros Bengkok	188
Gambar 6.13	Prinsip Kerja Pompa Piston Aksial Poros Bengkok	188
Gambar 6.14	Pompa Piston Radial Pemindahan Konstan.	189
Gambar 6.15	Pompa Ruji-Ruji Tak Seimbang	192
Gambar 6.16	Pompa Piston Aksial Pemindahan Berubah-ubah	194

Gambar 6.17	Prinsip kerja Pompa Piston Aksial Pemindahan Berubah-ubah	195
Gambar 6.18	Prinsip Kerja Swashplate dengan dengan Alat Servo	196
Gambar 6.19	Prinsip kerja Swasplate dengan Tekanan Fluida	197
Gambar 6.20	Pompa Piston Aksial dengan Posisi sejajar poros Putar	198
Gambar 6.21	Pompa Piston Aksial dengan Posisi Miring Poros Putar	199
Gambar 6.22	Pompa Piston Aksial poros Bungkuk	200
Gambar 6.23	Pompa piston radial pemindahan Berubah-ubah	202
Gambar 6.24	Pompa Piston Radial Tipe Cam Berputar	203
Gambar 6.25	Prinsip Kerja Mekanisme Pengontrol Langkah	205
Gambar 6.26	Pompa Piston Radial Jenis Silinder Piston Berputar	206
Gambar 6.27	Pompa Sentrifugal	209
Gambar 6.28	Pusaran Fluida Dalam Ruang Impeler.	210
Gambar 6.29	Segitiga Kecepatan Aliran Fluida Masuk dan Keluar impeller	212
Gambar 6.30	Pompa Baling-Baling	216
Gambar 6.31	Segitiga Kecepatan Aliran	217
Gambar 6.32	Pompa Flunyer	222
Gambar 6.33	Diagram Karakteristik Pompa Hidrolik	233
Gambar 7.1	Silinder Hidrolik Kerja Tunggal	239

Gambar 7.2	Silinder Hidrolik kerja Ganda	240
Gambar 7.3	Komponen Silinder Piston kerja Tunggal .	241
Gambar 7.4	Silinder Hidrolik kerja Tunggal Tipe Ram .	242
Gambar 7.5	Silinder Hidrolik Berpiston kerja Ganda . .	242
Gambar 7.6	Jenis-jenis Silinder Hidrolik kerja Ganda . .	243
Gambar 7.7	Tabung Penghentian Silinder Hidrolik	248
Gambar 7.8	Gambar Contoh Soal 7-1	251
Gambar 7.9	Gambar Contgoh Soal 7-2	251
Gambar 7.10	Gambar Contoh Soal 7-3	253
Gambar 7.11	Silinder Hidrolik Jenis vane	254
Gambar 7.12	Alat kelengkapan Pengereman Silinder Hidrolik	256
Gambar 7.13	Gambar Contoh Soal 7-4	259
Gambar 7.14	Gambar Contoh Soal 7-5	259
Gambar 8.1	Beberapa Peralatan Dengan Aktuator Putaran Terbatas	264
Gambar 8.2	Motor Rodagigi Luar	265
Gambar 8.3	Motor Rodagigi dengan penyeimbang Tekanan	266
Gambar 8.4	Motor Rodagigi Dalam	267
Gambar 8.5	Motor Rodagigi Dalam dengan Separator .	267
Gambar 8.6	Motor vane seimbang.	269
Gambar 8.7	Motor Piston Aksial Pemindahan konstan .	270
Gambar 8.8	Gaya Aksial yang Bekerja pada Piston . . .	270
Gambar 8.9	Motor Piston Aksial Berubah-ubah	271

Gambar 8.10	Motor Piston Radial	272
Gambar 9.1	Jenis-jenis Katup Hidrolik	280
Gambar 9.2	Katup Pembebas Tekanan Gerakan Langsung	283
Gambar 9.3	Katup Pe,mbebas Tekanan Gerak Langsung dengan Sekerup Pengatur	245
Gambar 9.4	Katup pembebas Tekanan dengan Pilot . .	285
Gambar 9.5	Diagram Perbandingan Katup	286
Gambar 9.6	Katup Penurunan Tekanan	288
Gambar 9.7	Prinsip Kerja Katup Penurunan Tekanan . .	289
Gambar 9.8	Katup Penghubung Tekanan	290
Gambar 9.9	Katup Pembuang Aliran (Cerat)	292
Gambar 9.10	Katup Buang dengan Pilot	293
Gambar 9.11	Jenis-jenis Katup Pengontrol Arah Aliran .	294
Gambar 9.12	Katup Penghambat Arah Aliran	295
Gambar 9.13	Katup Kontrol Arah Aliran Sistem Putar . .	296
Gambar 9.14	Katup Sorong Dua Tingkat	297
Gambar 9.15	Prinsip Kerja Katup Sorong	298
Gambar 9.16	Jenis -jenis Katup Sorong	299
Gambar 9.17	Simbol-simbol Katup Kontrol Arah dengan Salurannya	301
Gambar 9.18	Simbol-sampul Katup Kontrol Arah dengan Tanda Aliran	302
Gambar 9.19	Simbol-simbol untuk Kontrol Arah dengan Tiga Lintasan	303

Gambar 9.20	Simbol Posisi Katup Kontrol Arah untuk Sistem Pusat Terbuka dan Tertutup	304
Gambar 9.21	Rangkaian katup Sistem Pusat Terbuka dan Tertutup	307
Gambar 9.22	Jenis-Jenis Katup jarum	309
Gambar 9.23	Katup Kontrol Volume Sistem Kompensasi	309
Gambar 9.24	Katup Kontrol Arah Sistem Bebas Hambatan	310
Gambar 9.25	Katup Kontrol Volume Sistem Pembagi Aliran	311
Gambar 9.26	Katup Kontrol Arah dengan Pembagi Aliran	312
Gambar 10.1	Gambar untuk Contoh Soal 10-1.	322
Gambar 10.2	Rangkaian Hidrolik (C–Q System) Sederhana	329
Gambar 10.3	Rangkaian Hidrolik (C – Q System) dengan Pengatur Aliran	329
Gambar 10.4	Rangkaian Hidrolik (C – Q System) dengan Katup Pengaman	330
Gambar 10.5	Rangkaian Hidrolik (C – p System) dengan Dua Aktuator	332
Gambar 10.6	Rangkaian Hidrolik (C – Hp System) . . .	334
Gambar 10.7	Rangkaian Hidrolik (L – S system) Permintaan Sentuhan Beban	336
Gambar 10.8	Gambar untuk Contoh Soal 10-2	337
Gambar 10.9	Rangkaian Pengosongan dengan Gerakan Langsung	340

Gambar 10.10 Rangkaian Pengosongan dengan Selenoid	341
Gambar 10.11 Rangkaian Hidrolik Pengosongan Beban dengan Katup Pilot	341
Gambar 10.12 Contoh Rangkaian Regeneratif	343
Gambar 10.13 Contoh Rangkaian Sinkronisasi dengan Pembagi Aliran	345
Gambar 10.14 Rangkaian Hidrolik Sinkronisasi dengan Silinder Ganda	346
Gambar 10.15 Rangkaian Hidrolik Sinkronisasi pembebanan	347
Gambar 10.16 Rangkaian Pusat Terbuka -Sistem Pengontrol Aktuator	348
Gambar 10.17 (a) Rangkaian Pusat Terbuka dengan Meteran Pengukur pada Sisi Masuk.	349
Gambar 10.17 (b) Rangkaian Pusat Terbuka dengan Meteran Pengukur pada Sisi Keluar.	349
Gambar 10.18 Rangkaian Pusat tertutup dengan Pompa Berubah-ubah	350
Gambar 10.19 Rangkaian Pusat tertutup dengan Akumulator	350

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Harga Viskositas, Titik Nyala, dan Titik Beku Fluida	354
Lampiran 2	Simbol-Simbol Standar Komponen Sistem Hidrolik	355