



SKRIPSI – TK 141581

**PENGARUH *SIDE ENTRY ANGLE* TERHADAP
POLA ALIR DALAM TANGKI BERPENGADUK
DENGAN *SIDE-ENTERING MIXER***

**Mochammad Murtadho
NRP. 2314 105 025**

**Yukh Ihsana I. F
NRP. 2314 105 030**

**Dosen Pembimbing:
Prof. Dr. Ir. Sugeng Winardi, M. Eng
NIP. 195209161980031002**

**Dr. Tantular Nurtono, S.T, M. Eng
NIP. 197205201997021001**

**DEPARTEMEN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2017**



FINAL PROJECT – TK 141581

**THE EFFECT OF SIDE ENTRY ANGLE TO FLOW
PATTERN IN STIRRED TANK WITH SIDE-
ENTERING MIXER**

By:

Mochammad Murtadho

NRP. 2314 105 025

Yukh Ihsana I.F

NRP. 2314 105 030

Advisor:

Prof. Dr. Ir. Sugeng Winardi, M. Eng

NIP. 195209161980031002

Dr. Tantular Nurtono, S.T, M. Eng

NIP. 197205201997021001

**DEPARTMENT OF CHEMICAL ENGINEERING
FACULTY OF INDUSTRIAL TECHNOLOGY
SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY
SURABAYA
2017**

LEMBAR PENGESAHAN

PENGARUH *SIDE ENTRY ANGLE* TERHADAP POLA ALIR DALAM TANGKI BERPENGADUK DENGAN *SIDE-ENTERING MIXER*

Diajukan Untuk Memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Sarjana Teknik Kimia pada Program Studi S-1
Departemen Teknik Kimia
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

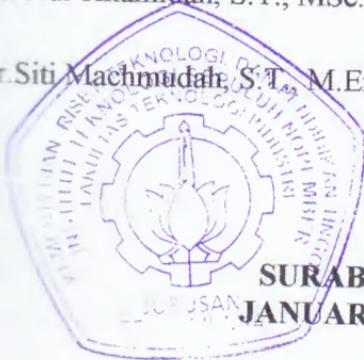
Oleh :

MOCHAMMAD MURTADHO
YUKH IHSANA LF

2314 105 025
2314 105 030

Disetujui Oleh Tim Penguji Tugas Akhir :

1. Prof. Dr. Ir. Sugeng Winardi, M.Eng. (Pembimbing I)
2. Dr. Tantular Nurtono, S.T., M. Eng. (Pembimbing II)
3. Ir. Minta Yuwana , MS (Penguji I)
4. Siti Nur Khamidah, S.T., MSc., Ph.D..... (Penguji II)
5. Dr.Siti Machmudah, S.T., M.Eng (Penguji III)



SURABAYA
JANUARI 2017

**PENGARUH *SIDE ENTRY ANGLE* TERHADAP
POLA ALIR DALAM TANGKI BERPENGADUK
DENGAN *SIDE-ENTERING MIXER***

Nama : Mochammad Murtadho (2314 105 025)
Yukh Ihsana I.F (2314 105 030)

Jurusan : Teknik Kimia FTI-ITS

Pembimbing : Prof. Dr. Ir Sugeng Winardi, M.Eng
Dr. Tantular Nurtono S.T, M.Eng

ABSTRAK

Side-entering mixer telah banyak digunakan dalam industri perminyakan, berguna untuk mencegah terjadinya endapan partikel solid pada dasar tangki minyak mentah. Pada umumnya tangki side entering mixer mempunyai ukuran yang besar. Tangki berpengaduk side entering mixer memerlukan biaya operasi dan investasi yang rendah. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mempelajari pengaruh side entering angle terhadap karakteristik aliran dalam tangki berpengaduk dengan side-entering mixer (SEM) menggunakan teknik visualisasi aliran. Penelitian ini dilakukan pada tangki silinder dengan diameter 40 cm dan tinggi liquid 40 cm. Pengaduk yang digunakan adalah impeller dengan jenis inclined blade turbine 4-daun dan propeller 3-daun dengan bahan stainless steel berdiameter 3 dan 4 cm. Variabel kecepatan putar impeller yang digunakan adalah 100 sampai 400 rpm . Sudut masuk impeller sebesar 5°, 10°, dan 15° arah kanan dan kiri. Teknik visualisasi digunakan dalam penelitian ini, dengan memfokuskan cahaya pada layer liquid secara vertikal dan horizontal yang diinginkan kemudian difoto dengan DSLR camera dan dilakukan pengamatan untuk mengetahui karakteristik pola alirnya. Hasil dari penelitian ini adalah semakin tinggi kecepatan putar

impeller dan variasi sudut yang semakin meningkat, serta dengan adanya peningkatan ukuran impeller, letak circulation flow yang ditimbulkan semakin tinggi mendekati permukaan dan dinding tangki. Pada jenis impeller incline blade turbine, pengaruh kecepatan putar terhadap letak circulation flow ditunjukkan semakin bertambahnya kecepatan putar impeller letak circulation flow bergeser semakin ke atas hampir mencapai level keseluruhan liquid pada tangki, sedangkan pada jenis impeller propeller dengan adanya peningkatan kecepatan putar, secara umum letak circulation flow semakin ke atas hampir setengah dari level liquid. Perubahan arah sudut masuk impeller tidak terlalu memberikan banyak pengaruh terhadap letak circulation flow yang terjadi dalam tangki.

Kata kunci : Side-entering mixer, Tangki Berpengaduk, Propeller 3-daun, Incline Blade Turbine 4-daun, side-entry angle.

THE EFFECT OF SIDE ENTRY ANGLE TO FLOW PATTERN IN STIRRED TANK WITH SIDE-ENTERING MIXER

Name : Mochammad Murtadho (2314 105 025)
Yukh Ihsana I.F (2314 105 030)

Department : Chemical Engineering FTI-ITS

Lecture : Prof. Dr. Ir Sugeng Winardi, M.Eng
Dr. Tantular Nurtono S.T, M.Eng

ABSTRACT

Side-entering mixer has been widely used in the petroleum industry, is useful to prevent deposition of solid particles on the basis of crude oil tanks. In general, the tank with side entering mixers have a large size. Stirred tank with side entering mixers require low operating cost and investment. The purpose of this research is to study the side effects of entering angle against the flow characteristics in a stirred tank with side-entering mixers (SEM) using flow visualization techniques. This research was conducted on the tank cylinder with a diameter of 40 cm and 40 cm high liquid. Impeller used is 4-blade inclined blade turbine and 3-blade propeller which made from stainless steel with 3 and 4 cm in diameter. Variable speed rotary impeller used is 100 to 400 rpm. Side entry angle used are 5 °, 10 °, and 15 ° right and left side. Visualization techniques used in this research, specifically focus on the light liquid layer vertically and horizontally desired then photographed with a DSLR camera and observation in order to characterize the flow pattern. The results of this research are increasingly high-speed rotating impeller and a variation of the angle increases, along with the increased size of the impeller, the location circulation higher flow generated near the surface and the tank wall. In the type of impeller inclined

blade turbine, the influence of increasing rotational speed indicated the circulation flow increasingly to the top reached almost the level of the overall liquid in the tank, while the type of propeller with an increase in rotational speed, the general layout circulation flow getting to the top is almost half of the liquid level. The changes of side entry angle does not really give much influence over the location of the circulation flow that occurs in the tank.

Key Word : Side-entering mixer, stirrer tank, 3-blade propeller, 4-blade inclined blade turbine, side-entry angle.

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, puji syukur kehadirat Allah SWT yang selalu melimpahkan rahmat dan karunia-Nya sehingga kami dapat menyelesaikan Laporan Skripsi kami yang berjudul:

“PENGARUH *SIDE ENTRY ANGLE* TERHADAP POLA ALIR DALAM TANGKI BERPENGADUK DENGAN *SIDE-ENTERING MIXER*”

Laporan Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan program studi Strata-1 di Jurusan Teknik Kimia - Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.

Penulis menyadari dalam penyusunan laporan skripsi ini tidak akan selesai tanpa bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu pada kesempatan ini kami ingin mengucapkan terima kasih kepada :

1. Kedua Orangtua serta saudara-saudara kami, atas doa, bimbingan, perhatian, serta kasih sayang yang selalu tercurah selama ini.
2. Bapak Prof. Dr. Ir. Sugeng Winardi, M.Eng selaku Pembimbing dan Kepala Laboratorium Mekanika Fluida dan Pencampuran, Jurusan Teknik Kimia FTI-ITS, atas bimbingan, saran, dan motivasi yang diberikan.
3. Bapak Dr. Tantular Nurtono, S.T, M.Eng selaku Dosen Pembimbing Laboratorium Mekanika Fluida dan Pencampuran, Jurusan Teknik Kimia FTI-ITS, atas bimbingan, saran, dan motivasi yang diberikan.
4. Bapak dan Ibu Dosen serta Karyawan Laboratorium Mekanika Fluida dan Pencampuran Jurusan Teknik Kimia FTI – ITS Surabaya yang telah memberikan ilmu dan bimbingan kepada penulis.
5. Keluarga besar Teknik Kimia Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS), khususnya teman-teman di Laboratorium

Mekanika Fluida dan Pencampuran Jurusan Teknik Kimia
FTI-ITS atas semua dukungan serta kerjasamanya.

Kami menyadari laporan skripsi ini tidak luput dari
berbagai kekurangan, untuk itu penulis mengharapkan saran dan
kritik dari dosen penguji.

Surabaya, Januari 2017

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	
LEMBAR PENGESAHAN	
ABSTRAK	i
ABSTRACT	iii
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR GRAFIK	xviii
BAB 1 PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian	4
1.5 Manfaat Penelitian	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Pencampuran (Mixing).....	5
2.2 Visualisasi Pola Aliran	5
2.3 Side-Entering Mixer.....	6
2.4 Jenis Pengaduk	8
2.5 Pola Alir Liquid	12
2.6 Pumping Capacity	13
2.7 Fenomena Makro Instabilitas	14
2.8 Penelitian Terdahulu	15
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN	
3.1 Peralatan yang digunakan.....	17
3.2 Bahan yang Digunakan	20
3.3 Metode Pengolahan Data.....	21
3.4 Teknik Visualisasi.....	26
BAB 4 HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	
4.1 Idenstifikasi Makro Instabilitas	31
4.2 Pengaruh Sudut Masuk Impeller Terhadap Pola Alir	42
4.3 Pengaruh Kecepatan Putar Impeller Terhadap Pola Alir.....	78

4.4 Pumping Capacity	117
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1 Kesimpulan	123
5.2 Saran	124
DAFTAR PUSTAKA	
DAFTAR NOTASI	
APPENDIKS	
BIODATA PENULIS	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1	Tangki berpengaduk dengan side entering mixer (SEM)	2
Gambar 1. 2	Ilustrasi side entry angle (sudut masuk poros impeller)	3
Gambar 2. 1	Pola Aliran Pengadukan (a) Aliran axial, (b) Aliran radial.....	10
Gambar 2. 2	Bentuk Pengaduk Propeller.....	11
Gambar 2. 3	Bentuk Pengaduk Turbine.....	11
Gambar 2. 1	Bentuk Pengaduk Paddle	12
Gambar 3. 1	Dimensi Tangki Side Entering Mixer, impeller dan Variable Speed Motor	18
Gambar 3. 2	Jenis Impeller yang Digunakan (A) 3-blade Propeller diameter 4 cm, 3 cm dan (B) 4-blade inclined blade turbine diameter 4 cm , 3 cm.....	19
Gambar 3. 3	Sudut Masuk Impeller (a) Ke Arah Kiri, (b) Ke Arah Kanan Terhadap Poros Impeller	19
Gambar 3. 4	(a) Membuat skala (b) Vektor kecepatan.....	22
Gambar 3. 5	Menu Tool bar ImageJ	23
Gambar 3. 6	Membuat skala	23
Gambar 3. 7	Menset scale gambar untuk gambar selanjutnya	24
Gambar 3. 8	Menggunakan Toolbar Straight Line.....	25
Gambar 3. 9	Hasil Perhitungan dengan ImageJ	25
Gambar 3.10	Sistem Pencahayaan Untuk Tampak Samping (a) Tanpa Slit (b) dengan Slit	29
Gambar 3.11	Sistem Pencahayaan Untuk Tampak Atas	29
Gambar 4. 1	Pola alir inclined blade turbine $d/D=0,1$; $-\beta=10^\circ$ detik ke- (A) 2 (B) 10 (C) 16 (D) 20; $N=100$ rpm	32
Gambar 4.2	Pola alir inclined blade turbine $d/D=0,1$; $-\beta=10^\circ$ detik ke-(A) 2 (B) 10 (C) 16 (D) 20;	

	N=200 rp.....	33
Gambar 4. 2	Pola alir inclined blade turbine $d/D=0,1$; $-\beta=10^\circ$ detik ke- (A) 2 (B) 8 (C) 16 (D) 20; N=300 rpm.....	35
Gambar 4. 3	Pola alir inclined blade turbine $d/D=0,1$; $-\beta=10^\circ$ detik ke- (A) 2 (B) 8 (C) 16 (D) 20; N=400 rpm.....	36
Gambar 4. 4	Pola alir propeller $d/D=0,1$; $-\beta=10^\circ$ detik ke- (A) 2 (B) 10 (C) 18 (D) 20; N=100 rpm.....	37
Gambar 4. 6	Pola alir propeller $d/D=0,1$; $-\beta=10^\circ$ detik ke- (A) 2 (B) 8 (C) 16 (D) 20; N=200 rpm.....	38
Gambar 4. 5	Pola alir propeller $d/D=0,1$; $-\beta=10^\circ$ detik ke- (A) 2 (B) 10 (C) 14 (D) 20; N=300 rpm.....	39
Gambar 4. 6	Pola alir propeller $d/D=0,1$; $-\beta=10^\circ$ detik ke- (A) 2 (B)12 (C) 18 (D) 20; N=400 rpm.....	41
Gambar 4. 7	Perbandingan pola alir inclined blade turbine $d/D=0,075$; $+\beta=$ (A) 0° , (B) 5° , (C) 10° dan (D) 15° ; N=100 rpm.....	43
Gambar 4. 8	Perbandingan pola alir inclined blade turbine $d/D=0,075$; $+\beta=$ (A) 0° , (B) 5° , (C) 10° dan (D) 15° ; N= 200 rpm.....	44
Gambar 4. 9	Perbandingan pola alir inclined blade turbine $d/D=0,075$; $+\beta=$ (A) 0° , (B) 5° , (C) 10° dan (D) 15° ; N=300 rpm.....	46
Gambar 4. 10	Perbandingan pola alir inclined blade turbine $d/D=0,075$; $+\beta=$ (A) 0° , (B) 5° , (C) 10° dan (D) 15° ; N=400 rpm.....	47
Gambar 4. 11	Perbandingan pola inclined blade turbine turbine $d/D=0,075$; $-\beta=$ (A) 0° , (B) 5° , (C) 10° dan (D) 15° ; N=100 rpm.....	48

Gambar 4. 12	Perbandingan pola alir inclined blade turbine d/D=0,075; - β = (A) 0°, (B) 5°, (C) 10° dan (D) 15°; N=200 rpm.....	49
Gambar 4. 13	Perbandingan pola inclined blade turbine d/D=0,075; - β = (A) 0°, (B) 5°, (C) 10° dan (D) 15°; N=300 rpm.....	50
Gambar 4. 14	Perbandingan pola alir inclined blade turbine d/D=0,075; - β = (A) 0°, (B) 5°, (C) 10° dan (D) 15°; N=400 rpm.....	51
Gambar 4. 15	Perbandingan pola alir inclined blade turbine d/D=0,1; + β = (A) 0°, (B) 5°, (C) 10° dan (D) 15°; N=100 rpm.....	53
Gambar 4. 16.	Perbandingan pola alir inclined blade turbine d/D=0,1; + β = (A) 0°, (B) 5°, (C) 10° dan (D) 15°; N=200 rpm	54
Gambar 4. 17	. Perbandingan pola alir inclined blade turbine d/D=0,1; + β = (A) 0°, (B) 5°, (C) 10° dan (D) 15°; N=300 rpm.....	55
Gambar 4. 18	Perbandingan pola alir inclined blade turbine d/D=0,1; + β = (A) 0°, (B) 5°, (C) 10° dan (D) 15°; N=400 rpm.....	56
Gambar 4. 19	Perbandingan pola alir inclined blade turbine d/D=0,1; - β = (A) 0°, (B) 5°, (C) 10° dan (D) 15°; N=100 rpm	57
Gambar 4. 20	Perbandingan pola alir inclined blade turbine d/D=0,1; - β = (A) 0°, (B) 5°, (C) 10° dan (D) 15°; N=200 rpm	58
Gambar 4. 21	Perbandingan pola alir inclined blade turbine d/D=0,1; - β = (A) 0°, (B) 5°, (C) 10° dan (D) 15°; N=300 rpm	59
Gambar 4. 22	Perbandingan pola alir inclined blade turbine d/D=0,1; - β = (A) 0°, (B) 5°, (C) 10° dan (D) 15°; N=400 rpm	61
Gambar 4. 23	Perbandingan pola alir propeller d/D=0,075; + β = (A) 0°, (B) 5°, (C) 10° dan (D) 15°;	

	N=100 rpm.....	62
Gambar 4. 24	Perbandingan pola alir propeller $d/D=0,075$; $+\beta=$ (A) 0° , (B) 5° , (C) 10° dan (D) 15° ; N=200 rpm.....	63
Gambar 4. 25	Perbandingan pola alir propeller $d/D=0,075$; $+\beta=$ (A) 0° , (B) 5° , (C) 10° dan (D) 15° ; N=300 rpm.....	64
Gambar 4. 26	Perbandingan pola alir propeller $d/D=0,075$; $+\beta=$ (A) 0° , (B) 5° , (C) 10° dan (D) 15° ; N=400 rpm.....	65
Gambar 4. 27	Perbandingan pola alir propeller $d/D=0,075$; $-\beta=$ (A) 0° , (B) 5° , (C) 10° dan (D) 15° ; N=100 rpm.....	66
Gambar 4. 28	Perbandingan pola alir propeller $d/D=0,075$; $-\beta=$ (A) 0° , (B) 5° , (C) 10° dan (D) 15° ; N=200 rpm.....	67
Gambar 4. 29	Perbandingan Pola Alir Propeller $d/D=0,075$; $-\beta=$ (A) 0° , (B) 5° , (C) 10° dan (D) 15° ; N=300 rpm.....	68
Gambar 4. 30	Perbandingan pola alir propeller $d/D=0,075$; $-\beta=$ (A) 0° , (B) 5° , (C) 10° dan (D) 15° ; N=400 rpm.....	69
Gambar 4. 31	Perbandingan pola alir propeller $d/D=0,1$; $+\beta=$ (A) 0° , (B) 5° , (C) 10° dan (D) 15° ; N=100 rpm.....	70
Gambar 4. 32	Perbandingan pola alir propeller $d/D=0,1$; $+\beta=$ (A) 0° , (B) 5° , (C) 10° dan (D) 15° ; N=200 rpm.....	71
Gambar 4. 33	Perbandingan pola alir propeller $d/D=0,1$; $+\beta=$ (A) 0° , (B) 5° , (C) 10° dan (D) 15° ; N=300 rpm	72
Gambar 4. 34	Perbandingan pola alir propeller $d/d=0,1$; $+\beta=$ (A) 0° , (B) 5° , (C) 10° dan (D) 15° ; N=400 rpm	74
Gambar 4. 35	Perbandingan pola alir propeller $d/D=0,1$;	

	- β = (A) 0°, (B) 5°, (C) 10° dan (D) 15°; N=100 rpm	74
Gambar 4. 36	Perbandingan pola alir propeller d/D=0,1; - β = (A) 0°, (B) 5°, (C) 10° dan (D) 15°; N=200 rpm.....	75
Gambar 4. 37	Perbandingan pola alir propeller d/D=0,1; - β = (A) 0°, (B) 5°, (C) 10° dan (D) 15°; N=300 rpm	76
Gambar 4. 38	Perbandingan pola alir propeller d/D=0,1; - β = (A) 0°, (B) 5°, (C) 10° dan (D) 15°; N=400 rpm	77
Gambar 4. 39	Pola alir inclined blade turbine d/D=0,075; β = 0°; N=(A) 100 (B) 200 (C) 300 dan (D) 400 rpm.....	79
Gambar 4. 40	Pola alir inclined blade turbine d/D=0,075; + β = 5°; N=(A) 100 (B) 200 (C) 300 dan (D) 400 rpm	81
Gambar 4. 43	Pola alir inclined blade turbine d/D=0,075; + β = 10°; N=(A) 100 (B) 200 (C) 300 dan (D) 400 rpm	82
Gambar 4. 44	Pola alir inclined blade turbine d/D=0,075; + β = 15°; N=(A) 100 (B) 200 (C) 300 dan (D) 400 rpm	84
Gambar 4. 45	Pola alir inclined blade turbine d/D=0,075; - β = 5°; N=(A) 100 (B) 200 (C) 300 dan (D) 400 rpm	85
Gambar 4. 46	Pola alir inclined blade turbine d/D=0,075; - β = 10°; N=(A) 100 (B) 200 (C) 300 dan (D) 400 rpm	87
Gambar 4. 47	Pola alir inclined blade turbine d/D=0,075; - β = 15°; N=(A) 100 (B) 200 (C) 300 dan (D) 400 rpm	88
Gambar 4. 46	Pola alir inclined blade turbine d/D=0,1; β = 0°; N=(A) 100 (B) 200 (C) 300 dan (D) 400 rpm	89

Gambar 4. 49	Pola alir inclined blade turbine $d/D=0,1$; $+\beta= 5^\circ$; $N=(A) 100 (B) 200 (C) 300$ dan (D) 400 rpm	91
Gambar 4. 50	Pola alir inclined blade turbine $d/D=0,1$; $+\beta= 10^\circ$; $N=(A) 100 (B) 200 (C) 300$ dan (D) 400 rpm	92
Gambar 4. 51	Pola alir inclined blade turbine $d/D=0,1$; $+\beta= 15^\circ$; $N=(A) 100 (B) 200 (C) 300$ dan (D) 400 rpm	94
Gambar 4. 52	Pola alir inclined blade turbine $d/D=0,1$; $-\beta= 5^\circ$; $N=(A) 100 (B) 200 (C) 300$ dan (D) 400 rpm	96
Gambar 4. 53	Pola alir inclined blade turbine $d/D=0,1$; $-\beta= 10^\circ$; $N=(A) 100 (B) 200 (C) 300$ dan (D) 400 rpm	97
Gambar 4. 54	Pola alir inclined blade turbine $d/D=0,1$; $-\beta= 15^\circ$; $N=(A) 100 (B) 200 (C) 300$ dan (D) 400 rpm	98
Gambar 4. 55	Pola alir Propeller $d/D=0,075$; $\beta= 0^\circ$; $N=(A) 100 (B) 200 (C) 300$ dan (D) 400 rpm	100
Gambar 4. 56	Pola alir Propeller $d/D=0,075$; $+\beta= 5^\circ$; $N=(A) 100 (B) 200 (C) 300$ dan (D) 400 rpm	101
Gambar 4. 57	Pola alir Propeller $d/D=0,075$; $+\beta= 10^\circ$; $N=(A) 100 (B) 200 (C) 300$ dan (D) 400 rpm	103
Gambar 4. 58	Pola alir Propeller $d/D=0,075$; $+\beta= 15^\circ$; $N=(A) 100 (B) 200 (C) 300$ dan (D) 400 rpm	104
Gambar 4. 59	Pola alir Propeller $d/D=0,075$; $-\beta= 5^\circ$; $N=(A) 100 (B) 200 (C) 300$ dan (D) 400 rpm	105
Gambar 4. 60	Pola alir Propeller $d/D=0,075$; $-\beta= 10^\circ$; $N=(A) 100 (B) 200 (C) 300$ dan	

	(D) 400 rpm	106
Gambar 4. 61	Pola alir Propeller $d/D=0,075$; $-\beta= 15^\circ$; $N=(A) 100 (B) 200 (C) 300$ dan (D) 400 rpm	107
Gambar 4. 62	Pola alir Propeller $d/D=0,1$; $\beta= 0^\circ$; $N=(A) 100 (B) 200 (C) 300$ dan (D) 400 rpm	108
Gambar 4. 63	Pola alir Propeller $d/D=0,1$; $+\beta= 5^\circ$; $N=(A) 100 (B) 200 (C) 300$ dan (D) 400 rpm	109
Gambar 4. 64	Pola alir Propeller $d/D=0,1$; $+\beta= 10^\circ$; $N=(A) 100 (B) 200 (C) 300$ dan (D) 400 rpm	110
Gambar 4. 65	Pola alir Propeller $d/D=0,1$; $+\beta= 15^\circ$; $N=(A) 100 (B) 200 (C) 300$ dan (D) 400 rpm	111
Gambar 4. 66	Pola alir Propeller $d/D=0,1$; $-\beta= 5^\circ$; $N=(A) 100 (B) 200 (C) 300$ dan (D) 400 rpm	112
Gambar 4. 67	Pola alir Propeller $d/D=0,1$; $-\beta= 10^\circ$; $N=(A) 100 (B) 200 (C) 300$ dan (D) 400 rpm	114
Gambar 4. 68	Pola alir Propeller $d/D=0,1$; $-\beta= 15^\circ$; $N=(A) 100 (B) 200 (C) 300$ dan (D) 400 rpm	115
Gambar 4. 69	Pola alir Propeller $d/D=0,1$; $-\beta= 10^\circ$; $N=(A) 100 (B) 200 (C) 300$ dan (D) 400 rpm	119
Gambar 4. 70	Pola alir Propeller $d/D=0,075$; $-\beta= 10^\circ$; $N=(A) 100 (B) 200 (C) 300$ dan (D) 400 rpm	121

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Ukuran Geometri Sistem Tangki Berpengaduk Side-Entering Mixer (SEM).....	19
Tabel 3. 2 Properti Liquid yang Digunakan pada Penelitian	20
Tabel 3. 3 Properti PVC yang Digunakan pada penelitian	20

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR GRAFIK

Grafik 4. 1 Pumping Capacity	118
---	-----

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB 1

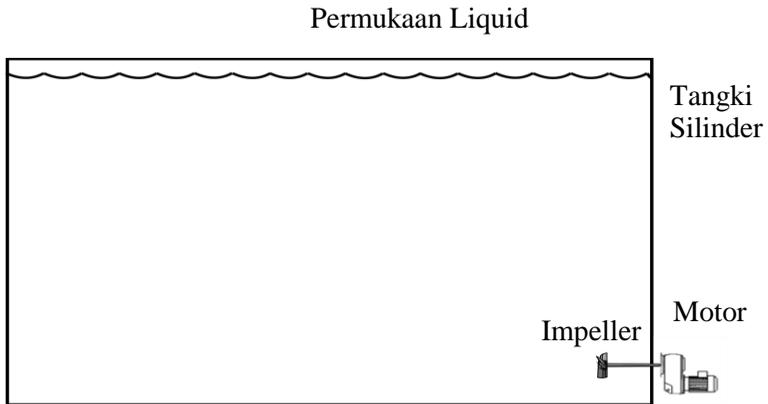
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Operasi pencampuran dengan tangki berpengaduk banyak digunakan di industri kimia, farmasi, makanan dan industri-industri yang terkait. Salah satu sistem pencampuran mekanis yang banyak digunakan adalah tangki berpengaduk dengan impeler yang dipasang dari samping dinding tangki (*side entering mixer*) seperti ditunjukkan pada Gambar 1.1. Pada umumnya, tangki berpengaduk dengan *side entering mixer* mempunyai kapasitas volume yang besar, adanya impeler ini memberikan efek pencampuran dan pengadukan yang berguna untuk : mencegah terjadinya endapan partikel solid (*sludge*) pada dasar tangki minyak mentah (*crude oil*) atau produk-produk minyak dalam industri perminyakan; menjaga konsistensi dan pencampuran aliran suspensi pulp dalam industri pulp dan kertas; meningkatkan kontak antara mikro-organisme dengan material substrat baru dalam reaktor biogas. Dari aspek investasi, tangki berpengaduk dengan *side entering mixer* memerlukan biaya investasi dan operasi yang rendah karena impeler yang digunakan relatif sangat kecil dibandingkan diameter tangki. Dari aspek teknis, instalasinya mudah karena tidak diperlukan lagi penyangga untuk sistem penggerak mekanis (motor, gear box, poros empeller) pada bagian atas tangki.

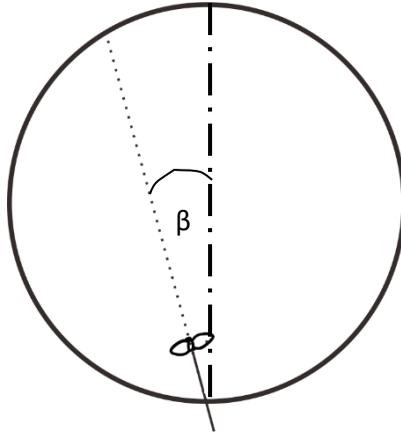
Beberapa kendala aplikasi di industri adalah kondisi proses yang kompleks akibat sifat-sifat fisika fluida multifasa dan fenomena instabilitas aliran. Namun demikian, seperti yang akan diuraikan pada Bab 2, hasil penelitian fundamental dan aplikasi tentang tangki berpengaduk dengan *side entering mixer* (SEM) belum banyak dipublikasi. Dan lagi penelitian yang ada kebanyakan dilakukan secara simulasi dan ditekankan untuk memperoleh informasi aliran global tanpa dilakukan uji validasi dengan data eksperimen. Oleh karena itu, diperlukan investigasi karakteristik fenomena aliran dalam tangki berpengaduk dengan

side entering mixer (SEM) supaya diperoleh informasi rinci untuk dapat mendesain dan mengoperasikan tangki berpengaduk dengan *side entering mixer* (SEM) secara optimum dan efisien.



Gambar 1.1 Tangki berpengaduk dengan *side entering mixer* (SEM)

Impeller yang digunakan biasanya adalah tipe impeller aksial (seperti: *propeller* dan *inclined blade turbine*). Jumlah dan posisi impeller, serta kecepatan putar impeller sangat mempengaruhi karakteristik aliran dalam tangki berpengaduk dengan *side entering mixer* (SEM). Sudut masuk impeller (*side entry angle*), seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1.1, sangat berpengaruh juga terhadap sirkulasi yang dihasilkan. Menurut Oldshue (1993) posisi impeller harus dipasang membentuk sudut terhadap garis tengah tangki. Kesalahan dalam menentukan arah sudut yang dibentuk akan menghasilkan aliran pusaran tangensial, yang mana sirkulasinya kurang baik dikarenakan hal tersebut meningkatkan waktu pencampuran untuk suatu daya tertentu.



Gambar 1.2 Ilustrasi *side entry angle* (sudut masuk poros impeller)

1.2 Perumusan Masalah

Karakteristik aliran dan kinerja pencampuran tangki berpengaduk dengan *side entering mixer* (SEM) dipengaruhi oleh faktor-faktor : jenis impeller, diameter impeller, jumlah dan posisi impeller serta kecepatan putar impeller. Salah satu faktor yang dianggap mempunyai pengaruh yang dominan terhadap karakteristik aliran dalam tangki berpengaduk dengan *side entering mixer* (SEM) adalah *side entry angle* (yaitu letak impeller ditinjau dari arah poros impeller relatif terhadap garis tengah tangki).

1.3 Batasan Masalah

Penelitian ini dilakukan menggunakan liquid satu fasa berupa air di dalam tangki berpengaduk jenis silinder dengan dasar datar (*flat bottomed cylindrical tank*) menggunakan *side-entering mixer* pada berbagai *side entry angle* (arah poros impeller relatif terhadap garis tengah tangki).

1.4 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari pengaruh *side entry angle* terhadap karakteristik aliran dan kinerja pencampuran dalam tangki berpengaduk dengan *side-entering mixer* (SEM) menggunakan teknik visualisasi aliran.

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi tentang karakteristik pola aliran fluida serta kinerja pencampuran dalam tangki berpengaduk pada *side-entering mixer* (SEM) yang berguna untuk tujuan desain dan operasi yang lebih optimum.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pencampuran (Mixing)

Proses pencampuran (*mixing*) sering digunakan karena dapat mempercepat terjadinya perpindahan massa dan panas. Untuk melakukan proses pencampuran maka digunakan tangki pengaduk. Tangki pengaduk secara umum terdiri dari *impeller* yang terhubung dengan shaft sebagai penggerakannya, dan dilengkapi dengan *affle*.

Proses pengadukan memiliki beberapa tujuan antara lain untuk mendistribusikan *partikel* secara merata, membentuk *suspense* antara padat dan cair, menghindari terjadinya proses sedimentasi partikel, mempercepat proses pencampuran fluida karena dapat mempercepat terjadinya proses sedimentasi partikel, mempercepat proses pencampuran fluida karena dapat mempercepat terjadinya perpindahan massa dan energi yang berupa panas.

Faktor-faktor yang mempengaruhi pencampuran adalah:

1. Aliran yang turbulen dan laju alir bahan yang tinggi biasanya menguntungkan proses pencampuran. Sebaliknya, aliran yang laminer dapat menggagalkan pencampuran.
2. Ukuran partikel atau luas permukaan. Semakin luas permukaan kontak bahan-bahan yang dicampur berarti semakin kecil partikel dan semakin mudah gerakannya dalam campuran, maka proses pencampuran semakin baik.
3. Kelarutan. Semakin besar kelarutan bahan-bahan yang akan dicampur maka semakin baik pula pencampurannya.

2.2 Visualisasi Pola Aliran

Pola aliran pada cairan single-phase dalam tangki berpengaduk dengan berbagai tipe *impeller* telah dijelaskan dalam banyak literatur. Teknik paling sederhana untuk visualisasi pola

aliran pada proses pencampuran adalah dengan *light sheet visualisation*. Sumber cahaya digunakan untuk menerangi tangki berpengaduk agar pola aliran dapat terlihat. Sumber cahaya yang digunakan biasanya lampu halogen. Pencahayaan dapat dilakukan dengan posisi vertikal untuk mengetahui pola aliran axial dan radial, sedangkan posisi horizontal pada dasar atau atas tangki untuk mengetahui pola aliran radial dan tangensial. Selain itu digunakan partikel penjejak (*tracer particles*) yang dapat mengikuti aliran (*flow follower*) supaya dapat mempermudah pengamatan pola aliran yang terjadi. Penambahan partikel penjejak kedalam fluida dilakukan dengan teknik *pulse seeding* secara intermiten sampai akumulasi dari partikel yang terdeposisi didasar tangki tidak menghalangi pengamatan gerak partikel mengikuti aliran. Teknik seperti ini hanya bisa dilakukan pada tangki yang transparan. Sedangkan untuk mengambil gambar digunakan kamera *Digital Single Lens Reflex (DSLR)* karena dapat mengambil gambar dengan kecepatan tinggi.

Selain itu pengukuran mixing time juga dapat dilakukan metode kolorimetri. Seluruh isi tangki diisi dengan bahan kimia pertama, kemudian ditambahkan bahan kimia kedua untuk melihat perubahan warna karena terjadi reaksi kimia. Salah satu reaksi yang umum digunakan yaitu reaksi yang menunjukkan adanya perubahan pH menggunakan indikator.

Teknik lain untuk memperoleh informasi tentang kecepatan lokal fluida yaitu dengan PIV (*Particle Image Velocimetry*), atau dengan keakuratan tinggi dengan menggunakan LDA (*Laser Doppler Velocimetry*) /LDV (*Laser Doppler Velocimetry*), dan *Hot-Wire Anemometry*. Akan tetapi teknik ini lebih mahal dari pada menggunakan teknik pencahayaan sederhana dan pengambilan gambar dengan kamera *Digital Single Lens Reflex (DSLR)*. Edward, et al (2003)

2.3 Side-Entering Mixer

Side-entering mixer adalah *mixer* yang masuk ke tangki atau *vessel* dari sisi samping. *Side-entering* digunakan untuk

tangki yang besar karena alirannya dapat mencapai semua bagian dari tangki. Contohnya *mixer* untuk mencampur isi tangki harus dipasang dibawah level zat cair. Akibatnya *mixer* sering dipasang dekat dengan bagian bawah untuk menjamin pencampuran dari isi tangki bahkan sampai di level liquid paling rendah. Pada *side-entering mixer* ada elemen fisik dalam tangki yang memaksa isi naik dan turun kembali, ini yang menunjukkan kerja dari pencampuran itu sendiri, homogenitas dan keseragaman temperatur.

Keuntungan dari *side-entering mixer* ini sendiri adalah biaya awal yang rendah dan tidak ada pemasangan bantalan di atas tangki. Penurunan kecepatannya sederhana karena kecepatan operasinya lebih tinggi daripada kebanyakan *turbine mixer*. Banyak *side-entering mixer* menggunakan *belt-drive*, pengurangan kecepatan dan *pillow-block bearing*. *Side-entering mixer* digunakan untuk *blending* zat cair yang viskositasnya rendah pada tangki yang besar, dimana ini tidak dapat digunakan untuk *agitator* konvensional yang didukung dari atas tangki. *Side-entering mixer* yang digunakan untuk zat cair yang mudah terbakar, perlindungan khusus harus digunakan pada desain dan perawatan dari *shaft seal*. *Side-entering mixer* biasanya dioperasikan dengan kecepatan putar 420 atau 280 rpm, kecuali untuk *pulp and paper industry*.

Dalam penelitian Rushton (1954), sudut optimum impeller pada tangki penyimpanan minyak seperti gasoline, yakni 7° dan 12° dengan arah sudut kekiri mengikuti arah jarum jam. Pada kondisi seperti ini, menunjukkan pencampuran yang baik. Kegagalan pola alir yang tidak diinginkan menghasilkan *tangensial swirl flow* atau yang sering disebut dengan vortex. Yaitu aliran yang berbentuk seperti pusaran yang dapat meningkatkan waktu dalam pencampuran.

Adapun beberapa rekomendasi mengenai posisi impeller *side-entering mixer* yaitu :

- Impeller terletak 1 s/d 1.5 kali diameter impeller dari dinding tangki

- Sudut masuk impeller yang direncanakan sekitar 8° s/d 30° , tetapi biasanya yang optimum 10° .

Side entering mixer adalah jenis pengaduk yang dipasang pada dinding tangki atau vessel dari sisi samping. Side entering digunakan untuk tangki yang besar karena alirannya dapat mencapai semua bagian dari tangki. Tujuan pengaduk dipasang dekat dengan bagian dasar tangki untuk menjamin pencampuran dari isi tangki bahkan sampai di level liquid paling rendah. Pada side entering mixer ada elemen fisik dalam tangki yang memaksa isi naik dan turun kembali, ini yang menunjukkan kerja dari pencampuran itu sendiri, homogenitas, dan keseragaman suhu. Keuntungan dari side entering ini sendiri adalah biaya awal yang rendah dan tidak ada pemasangan bantalan di atas tangki. Side entering mixer digunakan untuk mencampur zat cair yang viskositasnya rendah pada tangki yang besar, dimana ini tidak dapat digunakan untuk pencampur konvensional yang didukung dari atas tangki (Wahyujati dan Fandinuari, 2015).

Pengaduk dalam tangki memiliki fungsi sebagai pompa yang menghasilkan laju volumetrik tertentu pada tiap kecepatan putar dan input daya. Input daya dipengaruhi oleh geometri peralatan dan fluida yang digunakan. Profil aliran dan derajat turbulensi merupakan aspek penting yang mempengaruhi kualitas pencampuran. Desain pengaduk tergantung jenis alirannya, jika laminer biasanya membutuhkan pengaduk yang ukurannya hampir sebesar tangki itu sendiri. Hal ini disebabkan karena aliran laminar tidak memindahkan momentum sebaik aliran turbulen (Walas, 1990).

2.4 Jenis Pengaduk

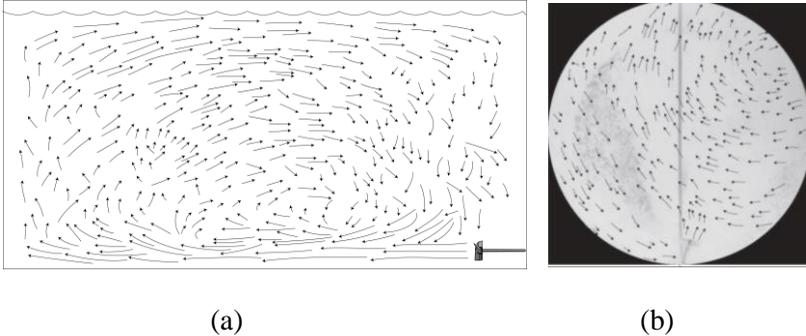
Pengaduk dalam tangki memiliki fungsi sebagai pompa yang menghasilkan laju volumetrik tertentu pada tiap kecepatan putaran dan input daya. Input daya dipengaruhi oleh geometri peralatan dan fluida yang digunakan *Walas (1988)*. Profil aliran dan derajat turbulensi merupakan aspek penting yang

mempengaruhi kualitas pencampuran. Rancangan pengaduk sangat dipengaruhi oleh jenis aliran, laminar atau turbulen. Aliran laminar biasanya membutuhkan pengaduk yang ukurannya hampir sebesar tangki itu sendiri. Hal ini disebabkan karena aliran laminar tidak memindahkan momentum sebaik aliran turbulen.

Pencampuran di dalam tangki pengaduk terjadi karena adanya gerak rotasi dari pengaduk dalam fluida. Gerak pengaduk ini memotong fluida tersebut dan dapat menimbulkan arus yang bergerak keseluruhan sistem fluida tersebut. Oleh sebab itu, pengaduk merupakan bagian yang paling penting dalam suatu operasi pencampuran fasa cair dengan tangki pengaduk. Pencampuran yang baik akan diperoleh bila diperhatikan bentuk dan dimensi pengaduk yang digunakan, karena akan mempengaruhi keefektifan proses pencampuran, serta daya yang diperlukan.

Berdasarkan buku karangan Geankoplis (2003), aliran yang dihasilkan, pengaduk dapat dibagi menjadi tiga golongan:

1. Pengaduk aliran aksial, yang akan menimbulkan aliran yang sejajar dengan sumbu putaran
2. Pengaduk aliran radial, yang akan menimbulkan aliran yang berarah tangensial dan radial terhadap bidang rotasi pengaduk.
3. Pengaduk aliran campuran, yang merupakan gabungan dari kedua jenis pengaduk diatas.



Gambar 2.2 Pola aliran pengadukan (a) Aliran axial, (b) Aliran radial

Sedangkan menurut bentuknya, pengaduk dapat dibagi menjadi tiga golongan:

1. Propeller

Kelompok ini biasa digunakan untuk kecepatan pengadukan tinggi dengan arah aliran aksial. Pengaduk ini dapat digunakan untuk cairan yang memiliki viskositas rendah dan tidak bergantung pada ukuran serta bentuk tangki. Kapasitas sirkulasi yang dihasilkan besar dan sensitif terhadap beban *head*. Dalam perancangan *propeller*, luas sudu biasa dinyatakan dalam perbandingan luas area yang terbentuk dengan luas daerah disk. Nilai nisbah ini berada pada rentang 0.45 sampai dengan 0.55. Pengaduk propeller terutama menimbulkan aliran arah aksial, arus aliran meninggalkan pengaduk secara kontinyu melewati fluida ke satu arah tertentu sampai dibelokkan oleh dinding atau dasar tangki.



Gambar 2.3 Bentuk pengaduk *propeller*

2. Turbine

Pengaduk jenis ini digunakan pada viskositas fluida rendah seperti halnya pengaduk jenis *propeller*. Pengaduk turbin menimbulkan aliran arah radial dan tangensial. Di sekitar turbin terjadi daerah turbulensi yang kuat, arus dan geseran yang kuat antar fluida. Salah satu jenis pengaduk *turbine* adalah *pitched blade*. Aliran terjadi pada arah aksial, meski demikian terdapat aliran yang lemah pada arah radial. Aliran ini akan mendominasi jika sudu berada dekat dengan dasar tangki.



Gambar 2.4 Bentuk pengaduk *turbine*

3. Paddle

Pengaduk jenis ini sering memegang peranan penting pada proses pencampuran dalam industri. Bentuk pengaduk ini memiliki minimum 2 sudu, horizontal atau vertikal, dengan nilai D/T yang tinggi. *Paddle* digunakan pada aliran fluida laminar, transisi atau turbulen tanpa *baffle*. Pengaduk padel menimbulkan aliran arah radial dan tangensial dan hampir tanpa gerak vertikal sama sekali. Arus yang bergerak ke arah horisontal setelah mencapai dinding akan dibelokkan ke atas atau ke bawah.



Gambar 2.5 Bentuk pengaduk *paddle*

2.4 Pola Alir Liquid

Impeller Pitch Blade Turbine (PBT) adalah tipe impeller dengan aliran aksial, sirkulasi aliran beroperasi secara pumping down dan pumping up. Aliran yang dihasilkan oleh pumping down pada PBT terdapat tiga pola aliran yang dikenali yaitu :

1. Double Circulation (DC)

Pada Pola DC terdapat dua circulation loops, yang utama melalui daerah diantara blades dan yang kedua dekat dengan dasar tangki. Dua loops dihasilkan dari jet yang diinduksi oleh impeller, mengenai dinding tangki dibawah ketinggian impeller sebelum akhirnya terpisah menjadi dua aliran. Satu langsung turun dan dipantulkan oleh dasar tangki, menjadi loop kedua. Aliran lain

bergerak secara aksial mendekati dinding samping dari tangki, dan kemudian kembali pada impeller shaft, mengalir turun menuju impeller menjadi loop utama.

2. Full Circulation Discharge

Pada Pola FC menggambarkan dimana impeller menghasilkan pumping down circulation loop yang hampir terjadi diseluruh tangki

3. Main Circulation Interaction (IP)

Pada Pola IP menggambarkan aliran yang berpotongan melalui sumbu axis dari tangki. Bagian dari loop kedua yang mengalir diatas dasar tangki berpotongan terhadap boundary diantara loop utama dan kedua pada sisi yang berseberangan.

2.5 Pumping Capacity

Axial turbine memompa fluida secara aksial di dalam tangki yang membentuk pola aliran bersirkulasi. Rate volume kembali secara total adalah rate sirkulasi total yang berada di dalam tangki. *Pumping capacity*, Q , dari suatu impeller merupakan aliran volumetrik melalui *plane* karena rotasi impeller. Rate sirkulasi yang masuk merupakan selisih antara dua aliran volumetrik. Sesuai dengan persamaan kontinuitas pada bentuk integral untuk fluida *incompressible*, *volumetric rate*, Q , bisa diartikan sebagai bentuk perkalian kecepatan fluida dengan flow area.

$$Q \approx vA \approx (\pi ND)D^2$$

Yang mana kecepatan fluida diasumsikan proporsional terhadap kecepatan ujung impeller, $v \approx vt (\pi ND)$, dan pengukuran ukuran area diberikan dengan luasan dari diameter impeller, $A \approx D^2$. Diketahui juga koefisien NQ , sebagai berikut :

$$Q = NQND^3 \text{ (m}^3\text{/s)}$$

Yang mana aliran atau pumping number, NQ , adalah grup tanpa dimensi untuk mengkuantitasi pola aliran dalam tangki

berpengaduk. NQ bervariasi tergantung pada tipe impeller, geometri tangki, dan *flow regime* (Jakobsen, 2014).

2.6 Fenomena Makro Instabilitas (MI)

Aliran dalam tangki berpengaduk sangat kompleks karena secara alami berbentuk 3 dimensi. Bila pada tangki berpengaduk dioperasikan pada kondisi turbulen, karakteristik aliran dalam tangki mempunyai intensitas turbulensi lebih besar dari pada aliran dalam pipa. Sebagai akibatnya, pola alir dalam suatu konfigurasi tangki akan selalu berubah dengan waktu sehingga biasanya profil aliran yang diberikan dalam bentuk rata-rata. Pola aliran dalam tangki berpengaduk sangat dipengaruhi oleh geometri impeller, tipe impeller, baffle, impeller clearance, kecepatan putar dan properti dari liquid. Aliran turbulen yang terbentuk pada tangki berpengaduk yang dioperasikan pada kondisi konstan, akan memberikan perubahan pola pergerakan fluida yang tidak stabil, baik pola disekitar impeller maupun pusaran yang terbentuk. Ketidakstabilan aliran dalam skala yang besar dan dengan frekuensi rendah, didefinisikan sebagai makro instabilitas.

Fenomena makro instabilitas sering dipelajari pada pengadukan single fase, sementara fenomena makroinstabilitas pada suspensi *solid-liquid*, masih jarang dilakukan. Jahoda et al (2002) dan Panglianti et al (2006) telah menunjukkan bahwa frekuensi makro instabilitas dipengaruhi oleh penambahan fase solid terdispersi pada liquid yang teraduk, dimana frekuensi ketidakstabilan mengalami penurunan konsentrasi solid. Keduanya menggunakan pengaduk PBT. Jahoda et al (2002) telah mengamati terjadinya makro instabilitas untuk suspensi *solid-liquid* dengan cara visual terhadap frekuensi kemunculan *macro-vortex* yang dianggap sebagai frekuensi makro instabilitas. Karakteristik frekuensi ini dipelajari perubahannya dengan memvariasikan kecepatan putar impeller, konsentrasi partikel dan *off bottom of clearance*. Hasil yang diinformasikan adalah frekuensi meningkat dengan semakin tingginya kecepatan putar impeller, dan frekuensi makro instabilitas turun sampai mencapai

nilaitertentu dengan besarnya konsentrasi partikel, namun pengaruh *off-bottom clearance* tidak besar terhadap perubahan frekuensi makro instabilitas.

2.7 Penelitian Terdahulu

Penelitian tetang side-entering mixer sebelumnya juga pernah dilakukan oleh Rusthon (1954) dan Oldshue (1956). Dalam penelitian Rusthon (1954) yang dicitasi oleh Oldshue, sudut optimum impeller pada tangki penyimpanan minyak, yakni 7° dan 12° dengan arah sudut kekiri mengikuti arah jarum jam. Jenis impeller yang digunakan dalam penelitiannya yaitu *3-blade propeller*.

You dan Isya (2016) melakukan penelitian berjudul “Pengaruh kecepatan Putar Terhadap Pola Alir Dalam Reaktor Biogas Dengan Side-Entering Propeller”. Hasil kesimpulan dari penelitiannya yaitu kecepatan putar impeller berpengaruh pada pola alir yang dihasilkan seperti daerah stagnan akan semakin berkurang dengan semakin bertambahnya kecepatan putar impeller. Sudut masuk impeller (side entry angle) dan arah putar impeller mempengaruhi pola alir yang dihasilkan dan dapat menghilangkan vortex yang terjadi pada sudut masuk 0° . Hasil dari eksperimennya juga telah divalidasi dari simulasi oleh Ari Susanti (2016).

Oleh karena itu, dalam penelitian kali ini akan mencoba menyempurnakan hasil penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh You dan Isya (2016) dengan menambah data visualisasi yang dilakukan berdasarkan waktu, sehingga setiap terjadi perubahan pola alir dapat diketahui dan divalidasi oleh hasil simulasi. Selain itu, juga akan mengamati pola alir dengan kinerja pencampuran menggunakan impeller tipe propeller-daun maupun inclined blade turbine 4-daun berdasarkan variasi kecepatan putar motor, diameter impeller 3 cm 4 cm dan juga sudut masuk yang berubah-ubah dari side-entry angle ke tangki.

Penelitian mengenai pengamatan pola alir, waktu pencampuran (*mixing time*), dan kapasitas pompa yang dihasilkan

oleh impeller telah dilakukan sebelumnya dengan menggunakan *inclined blade turbine* dan *propeller* sebagai impellernya. Namun masih ada kekurangan dari penelitian yang sebelumnya, yaitu belum adanya pengamatan apabila sudut masuk dari impeller (*side entry angle*) berubah-ubah. Maka dari itu penelitian kali ini, mencoba mengamati pola alir dan waktu pencampuran (*mixing time*) menggunakan impeller tipe *propeller* dan *inclined blade turbine* dengan variasi kecepatan putar motor, diameter impeller, dan juga sudut masuk dari impeller (*side entry angle*) ke tangki.

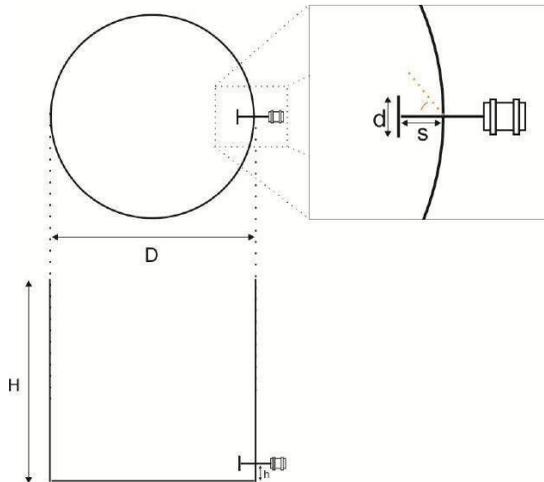
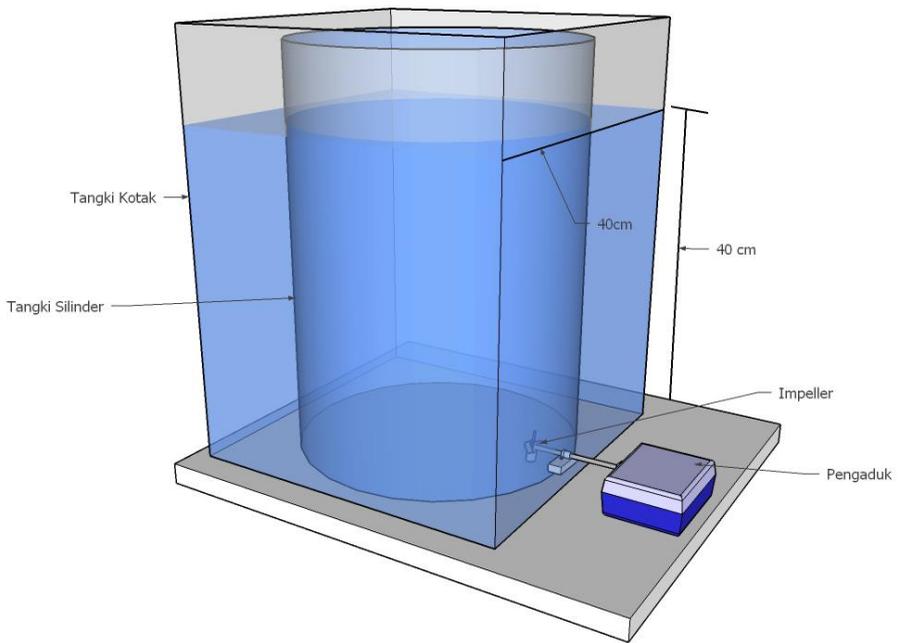
BAB 3

METODOLOGI PENELITIAN

Karakteristik aliran dalam tangki berpengaduk dengan *side entering mixer* (SEM) dipengaruhi oleh tipe, diameter, jumlah, posisi dan kecepatan impeler. Meskipun pada umumnya, impeler diposisikan dekat dasar tangki, arah poros impeler secara horisontal atau vertikal sangat mempengaruhi karakteristik aliran dalam tangki berpengaduk dengan *side entering mixer*. Oleh karena itu, tujuan penelitian ini adalah untuk menginvestigasi pengaruh *side entry angle* (yaitu sudut antara poros impeler terhadap garis tengah tangki silinder) terhadap karakteristik pola alir dan kinerja pencampuran dalam tangki berpengaduk dengan *side-entering mixer*. Teknik visualisasi digunakan untuk mengamati karakteristik aliran dengan menggunakan kamera *digital single lens reflex (DSLR)*. Jenis impeler yang digunakan adalah *propeller* 3-daun dan *inclined blade turbine* 4-daun dengan diameter 3 dan 4 cm. Peralatan dan teknik visualisasi aliran yang digunakan akan diuraikan dalam beberapa bagian berikut ini.

3.1 Peralatan yang digunakan

1. Tangki berpengaduk dari samping (*agitated tank with side-entering mixer*) *flat bottom*
2. Impeler aksial *3-blade propeller* dan *4-blade inclined blade turbine* diameter 3 cm dan 4 cm
3. Variable motor speed sebagai penggerak impeller dengan variasi kecepatan 100 - 400 rpm
4. *Digital single-lens reflex (DSLR) camera*
5. Penerangan dari 2 lampu LED RGB 50 watt



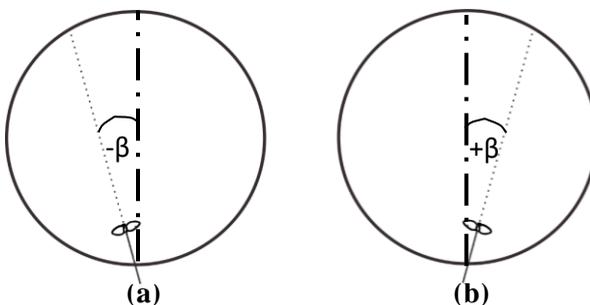
Gambar 3.1 Dimensi tangki side entering mixer, impeller dan variabel speed motor (digambar dengan google SketchUp versi trial)



Gambar 3.2 Jenis impeller yang digunakan (A) 3-blade propeller diameter 4 cm, 3 cm dan (B) 4-blade inclined blade turbine diameter 4 cm, 3 cm

Tabel 3.1 Ukuran geometri sistem tangki berpengaduk *side-entering mixer* (SEM)

D [cm]	H [cm]	H' [cm]	d/D [-]	s/D [-]	β [derajat]
40	55	40	0,075	0,1	-5 / +5
			0,1		-10 / +10 -15 / +15



Gambar 3.3 Sudut masuk impeller (a) ke arah kiri, (b) ke arah kanan terhadap poros impeller

3.2 Bahan yang Digunakan

Sistem yang digunakan merupakan *single-phase*. Yang mana fluida yang digunakan dalam penelitian ini adalah liquid berupa air. Fluida yang digunakan dalam penelitian ini memiliki properties seperti di bawah ini:

Tabel 3.2 Properti liquid yang digunakan pada penelitian

Liquid
Air
<i>Temperature</i> 32°C
Densitas 998,2 kg/m ³
Viskositas 0,001003 kg/m.s

Sebagai partikel penjejak (*Tracer Particel*) digunakan PVC (*Polyvinylchloride*), yang mana memiliki properties seperti dibawah ini:

Tabel 3.3 Properti PVC yang digunakan pada penelitian

Tracer Particel
PVC
Ukuran 68 mesh
Densitas rata-rata 1200-1300 kg/m ³
Warna Putih
Berat 1 gram

3.3 Metode Pengolahan Data

Benda yang bergerak lurus atau melingkar pada bidang datar dapat juga diketahui kecepatan, percepatan, dan arah geraknya serta posisi kedudukan benda tersebut setiap waktunya dengan menggunakan teknik pengolahan citra (*Image Processing*) dari gerakan benda tersebut.

Hasil pengamatan yaitu berupa *image* (gambar) berwarna RGB (Red, Green, Blue) yang telah diambil dengan menggunakan kamera *DSLR* akan diproses dengan menggunakan proses penskalaan warna abu-abu (*Grayscale Processing*) dengan software PC Corel Draw Home And Student Suite X8 . Kemudian dengan menggunakan data-data yang dihasilkan dari proses tersebut, maka sebagai tujuan akhirnya adalah menghitung panjang pergerakan dari partikel penjejak (lintasan) yang berhasil diambil gambarnya pada kamera *DSLR*. Langkah-langkah pengerjaannya adalah sebagai berikut :

1. Gambar yang sudah melalui proses *pre-processing* yang cukup. Artinya, gambar yang digunakan sudah terbebas dari *noise* sehingga dengan mudah bisa dipisahkan antara objek yang diamati dan *background*. Dalam penelitian ini digunakan metode yang cukup sederhana, yaitu hasil gambar berwarna RGB (Red, Green, Blue) akan diproses di Corel Draw Home And Student Suite X8 dengan proses penskalaan abu-abu (*Grayscale Processing*) setelah itu mengubah gambar menjadi efek negatif (*invert*) sehingga antara objek dan latar belakang gambar sudah memiliki kontras yang baik.
2. Gambar hasil *invert* dari corel draw home and student suite X8 akan diidentifikasi arah perpindahan dari benda yang diamati yaitu *tracer particle*, kemudian lintasan partikel digambar ulang agar lebih jelas dengan bantuan Adobe Illustrator CC 17 Free Trial, dipermudah dengan pen table yaitu Wacom. Sehingga pola alir yang digambar sudah mempresentasikan vektor dari aliran.

3. Secara alami aliran fluida memiliki sifat tiga dimensi. Untuk penyederhanaan dalam pengamatan maka dilakukan pengamatan dalam bentuk 2 dimensi yaitu pada bidang vertikal dan horizontal.
4. Langkah selanjutnya adalah kalibrasi. Untuk mengetahui informasi mengenai berapa ukuran sesungguhnya yang direpresentasikan di dalam sebuah gambar. Dalam ukuran yang sesungguhnya, suatu objek direpresentasikan dengan menggunakan dimensi jarak dengan unit standar (meter), sedangkan dalam suatu gambar dimensi yang digunakan adalah dalam bentuk satuan piksel. Untuk itu, kita perlu mensinkronkan unit-unit ini untuk mengukur panjang sesungguhnya dari sebuah objek dari suatu gambar. Disini menggunakan penggaris (meteran) sebagai kalibrasi yang nanti akan dijadikan skala pada gambar yang mempresentasikan panjang dari suatu lintasan.



(a)

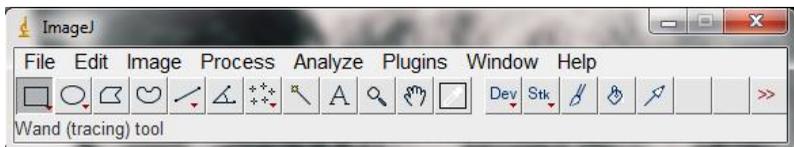
(b)

Gambar 3.4 (a) Membuat skala (b) Vektor kecepatan

Dari skala panjang yang sudah ditentukan, akan dibagi dengan waktu pengambilan gambar yang diatur di kamera *DSLR*. Sehingga vektor kecepatan sudah dapat terlihat pada pola alir yang tersebar di seluruh tangki. Untuk memvalidasi data tersebut, maka juga dapat digunakan ImageJ sebagai alat bantu. ImageJ berbasis Java program pengolah gambar yang dikembangkan di *National Institutes of Health* dan dapat diunduh secara gratis. Berikut Langkah kalibrasi dengan menggunakan imageJ.

Langkah 1

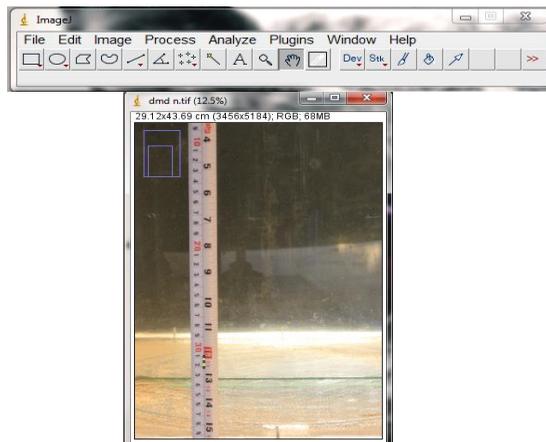
Membuka ImageJ dengan tampilan menu sebagai berikut :



Gambar 3.5 Menu tool bar imagej

Langkah 2

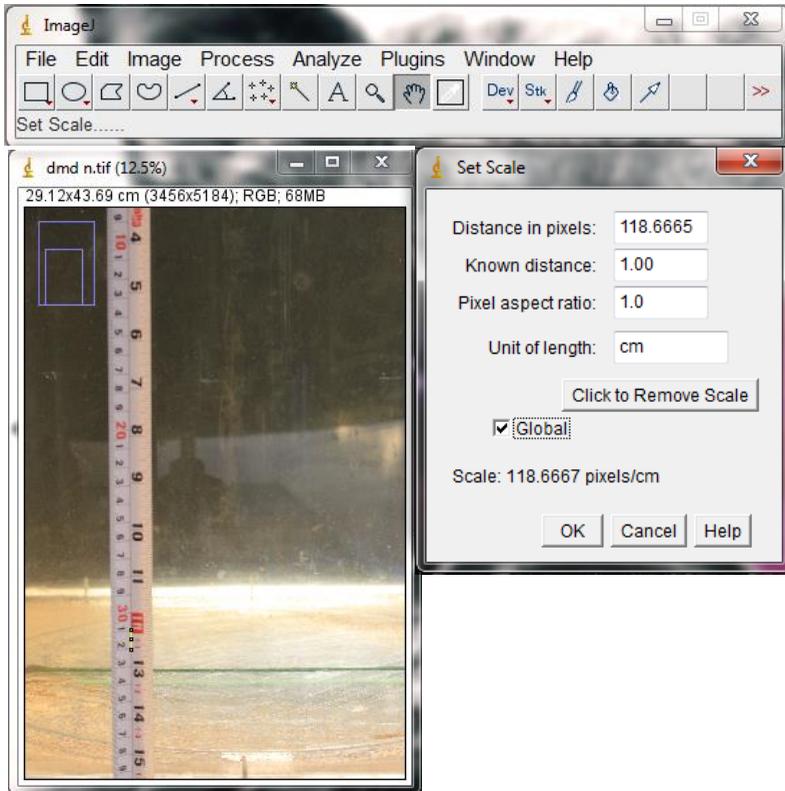
Drag gambar yang akan dijadikan acuan untuk membuat skala.



Gambar 3.6 Membuat skala

Langkah 3

Membuat skala, pada gambar sesuai panjang sebenarnya. Kemudian set scale dengan menginput panjang yang diketahui misalnya 1 cm. Panjang 1 cm pada gambar terwakili oleh pixel yang terukur dalam imageJ kemudian set global .



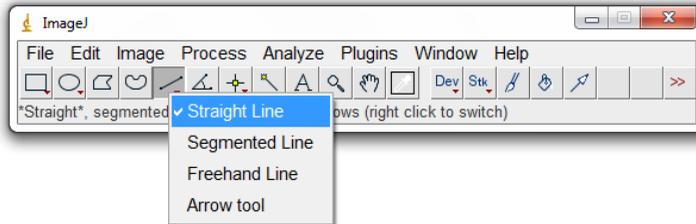
Gambar 3.7 Menset scale gambar untuk gambar selanjutnya

Langkah 4

Drag gambar yang akan di ukur panjang lintasannya.

Langkah 5

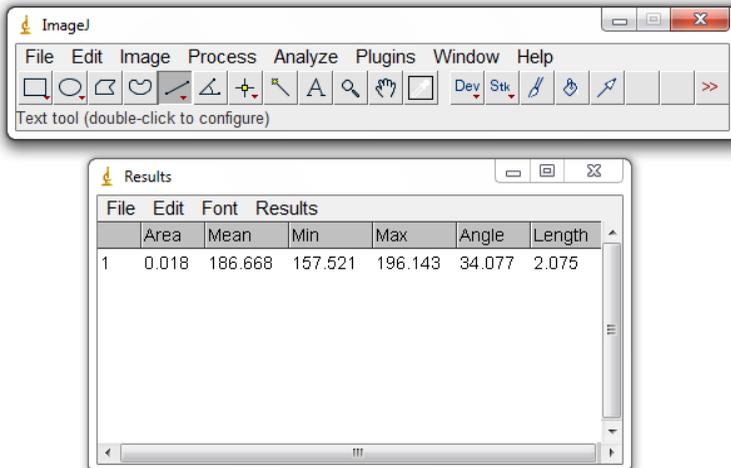
Membuat garis sesuai pola lintasan untuk menghitung panjang dengan menu straight line, sedangkan untuk garis yang tidak lurus dengan menggunakan freehand line



Gambar 3.8 Menggunakan toolbar straight line

Langkah 7

Kemudian Control (Ctrl M), maka panjang akan terbaca



Gambar 3.9 Hasil perhitungan dengan ImageJ

Dari ImageJ diketahui panjang garis yaitu 2.075 cm. Kemudian untuk menghitung kecepatan maka dibagi dengan lama pengambilan gambar atau shutter speed yaitu 2 detik.

$$v = \frac{2.075}{2} = 1.0375 \text{ cm/s.}$$

3.4 Teknik Visualisasi

Pola aliran pada cairan single-phase dalam tangki berpengaduk dengan berbagai tipe impeller telah dijelaskan dalam banyak literatur. Teknik paling sederhana untuk visualisasi pola aliran pada proses pencampuran adalah dengan *light sheet visualisation*. Sumber cahaya digunakan untuk menerangi tangki berpengaduk agar pola aliran dapat terlihat. Sumber cahaya yang digunakan biasanya lampu LED. Pencahayaan dapat dilakukan dengan posisi vertikal untuk mengetahui pola aliran axial dan radial, sedangkan posisi horizontal pada dasar atau atas tangki untuk mengetahui pola aliran radial dan tangensial.

Salah satu peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah tangki silinder yang terbuat dari resin acrylic yang diletakkan di dalam tangki kotak transparan yang juga terisi air. Hal ini dilakukan dengan tujuan untuk menghilangkan pengaruh perbedaan index bias antara fluida kerja yaitu air dan udara. Untuk mengamati fenomena aliran dalam tangki digunakan teknik visualisasi dengan menggunakan *digital single-lens reflex (DSLR) camera*.

Pengaturan kamera DSLR salah satu faktor penting untuk menghasilkan kualitas gambar yang baik. Hal-hal yang perlu diperhatikan meliputi :

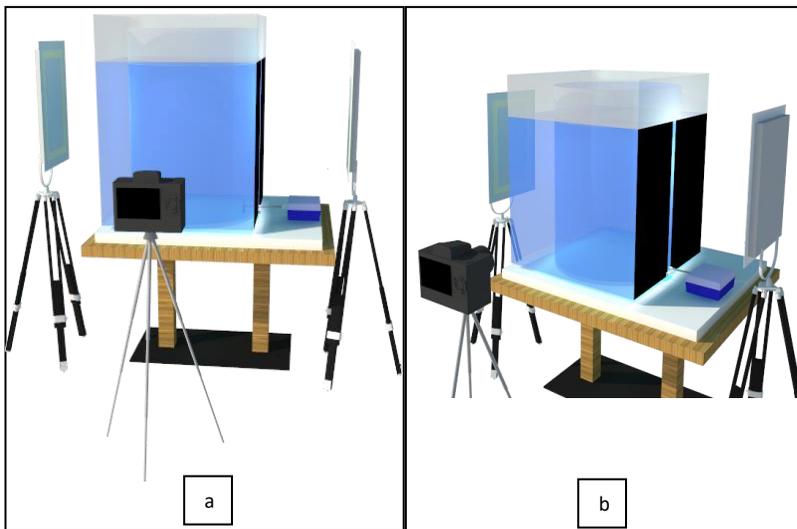
- a. Ukuran dan Kualitas gambar
Ukuran yang dipilih yaitu 5184x3456 pixels dengan kualitas gambar resolusi 18 M
- b. ISO
ISO rendah dipilih yaitu 100, yang menghasilkan foto tanpa *noise* yang lebih jernih dan dengan kualitas terbaik.

- c. Shutter Speed
2” adalah nilai yang terbaik untuk menghasilkan gambar yang sesuai dengan penelitian. Dimana jika shutter speed lebih dari 2” hasil gambar menunjukkan lintasan pola alir yang panjang sehingga mengakibatkan sulitnya menghitung titik awal dan akhir suatu lintasan. Jika kurang dari 2” lintasan yang dihasilkan pendek dan menyulitkan dalam menganalisa pola alir yang terjadi. Shutter speed 2” juga membantu membuat gambar menjadi lebih cerah dikarenakan lamanya cahaya yang masuk ke lensa semakin banyak.
- d. Aperture
f/5 memiliki kualitas gambar yang lebih cerah dikarenakan dengan nilai f-number kecil menandakan bukaan diafragma besar yang membuatnya kualitas gambar menjadi lebih terang disaat kondisi cahaya yang kurang.
- e. Focal Length
Jarak focal length yang ditentukan yaitu 35 mm. Dimana dapat diartikan sebagai jarak dari pusat optik lensa ke titik fokus yang terletak pada sensor dalam satuan mm.
- d. Mode Metering
Evaluative metering menjadi pilihan dikarenakan dalam sistemnya, kamera mengukur cahaya pada keseluruhan bidang foto dan membagi seluruh obyek foto yang ada dalam viewfinder menjadi beberapa zona atau wilayah, kemudian masing-masing zona tadi diukur gelap terangnya. Sehingga gambar disetiap sisi memiliki nilai cahaya yang sama.

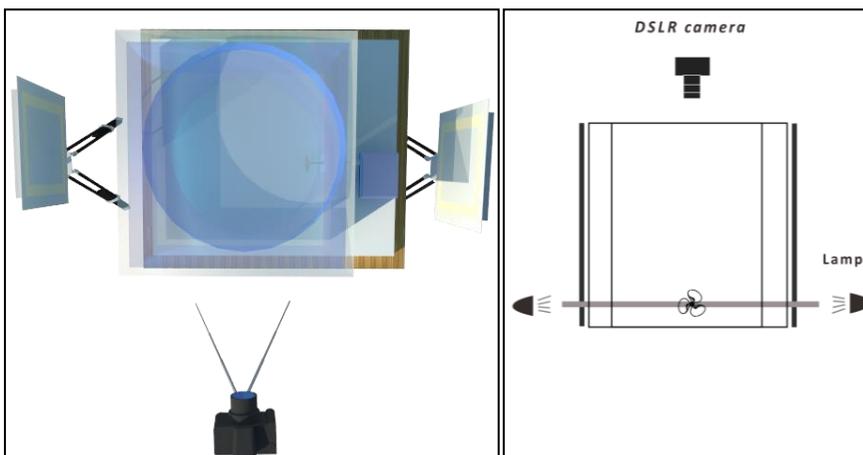
Untuk memudahkan mengamati pola alir yang terjadi ditambahkan *tracer particle*, yaitu partikel polyvinylchloride (PVC), warna putih, ukuran 68 mesh , densitas rata-rata = 1200-

1300 kg/m³ yang dapat mengikuti aliran (*flow follower*). Penambahan partikel penjejak kedalam fluida dilakukan dengan teknik *pulse seeding* secara intermiten sampai akumulasi dari partikel yang terdeposisi didasar tangki tidak menghalangi pengamatan gerak partikel mengikuti aliran. Penentuan jumlah tracer particle sangat mempengaruhi dalam pengamatan. Jika jumlah tracer particle yang digunakan terlalu banyak, maka gambar lintasan yang terekam dalam kamera akan terlihat tertumpuk atau overlap, sehingga akan mempersulit pengamatan dan perhitungan panjang lintasan. Dalam penelitian ini jumlah tracer particle yang digunakan yaitu 1 gram. Karena pada jumlah partikel tersebut, lintasan yang terbentuk tidak terjadi overlap. Sehingga terlihat lebih jelas dan tersebar merata diseluruh tangki. Faktor lain yang harus diperhatikan adalah densitas pada tracer particle yang tidak seragam. Hal ini menyebabkan sebagian tracer particle terapung, melayang dan tenggelam. Sehingga akan mempengaruhi pengambilan gambar, dimana tracer particle yang berada dasar tangki membuat gambar terlihat silau.

Karena secara alami aliran dalam tangki bersifat tiga dimensi, maka untuk penyederhanaan pengamatan dilakukan dari salah satu sisi untuk suatu bidang vertikal dan dari atas untuk suatu bidang horizontal yang melewati poros impeler seperti ditunjukkan pada **Gambar 3.10** dan **3.11**. (digambar menggunakan Google SketchUp versi trial). Untuk itu diperlukan sistem pencahayaan berupa bidang cahaya yang dilewatkan celah cahaya (slit) selebar 1 cm untuk membentuk bidang cahaya vertikal dan horizontal. Sumber cahaya berasal dari dua unit lampu halogen yang diletakkan berlawanan pada kedua sisi samping baik untuk bidang cahaya vertikal maupun horizontal.



Gambar 3.10 Sistem pencahayaan untuk tampak samping (a) tanpa slit (b) dengan slit



Gambar 3.11 Sistem pencahayaan untuk tampak atas (digambar dengan google SketchUp versi trial)

Halaman ini sengaja dikosongkan

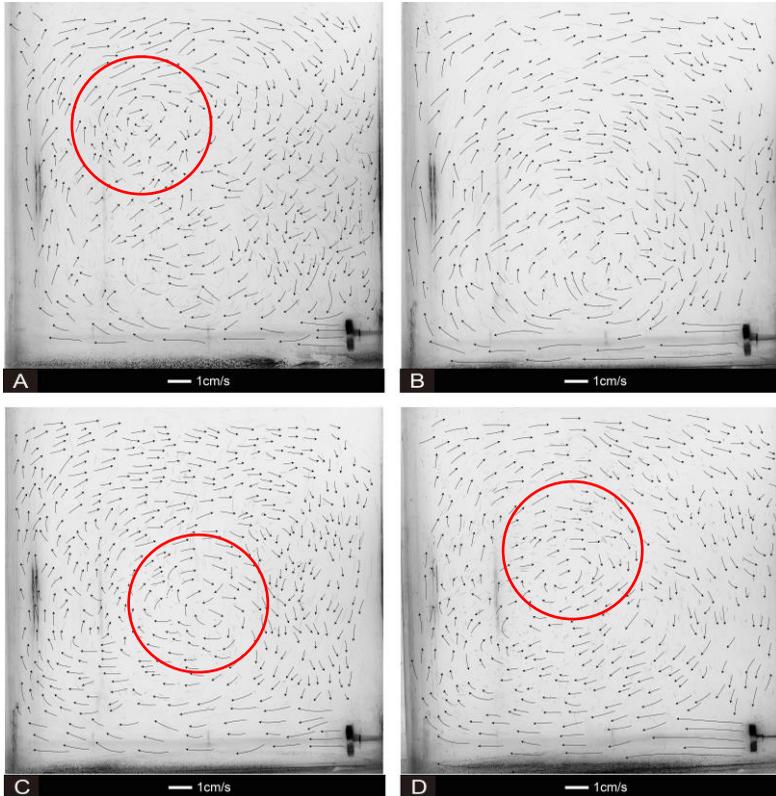
BAB 4

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Tangki berpengaduk dengan *side-entering mixer* yang digunakan berdiameter 40 cm dan tinggi 60 cm, dengan *impeller* tipe aksial yaitu *3-blade propeller* dan *4-blade inclined blade turbine* (IBT) berdiameter 3 cm dan 4 cm diberikan kecepatan putar 100 rpm, 200 rpm, 300 rpm, dan 400 rpm. *Propeller* dirancang sesuai teori ulir (*screw*) sedangkan IBT merupakan *impeller* yang menghasilkan pola aliran aksial, dengan sirkulasi aliran yang beroperasi secara *pumping up* dan *pumping down*. Fluida yang digunakan adalah *single phase*, dimana fase liquidnya adalah air.

4.1 Identifikasi Makro Instabilitas (MI) Terhadap Pola Alir

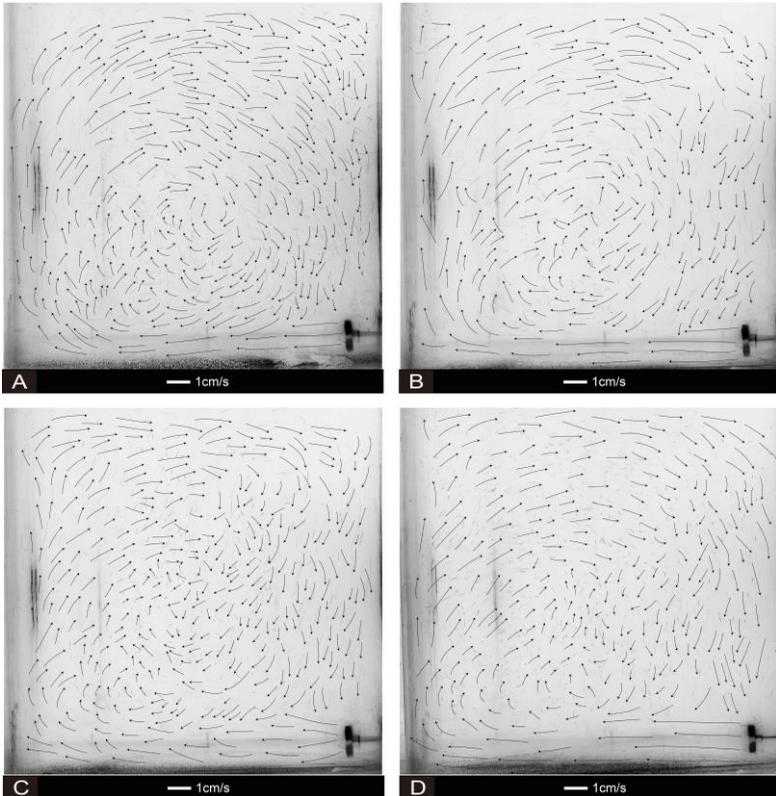
Identifikasi MI pada penelitian ini didasarkan pada perubahan pola alir yang terjadi terhadap waktu. Pada penelitian ini dapat diamati aktifitas makro dan pengaruhnya terhadap proses pencampuran yang terjadi. Dibawah ini merupakan *streamline* pola alir rekontruksi hasil pengamatan selama 20 detik dengan *impeller inclined blade turbine* 4-daun diameter 4 cm sudut masuk 10° kearah kiri. Pola alir yang disajikan merupakan salah satu gambar yang terekam dari sekian banyak gambar, yang mana merupakan pola alir yang dominan.



Gambar 4.1. Pola alir inclined blade turbine $d/D=0,1$; $-\beta=10^\circ$ detik ke- (A) 2 (B) 10 (C) 16 (D) 20; $N=100$ rpm

Dari **Gambar 4.1** dapat dilihat mengenai vektor kecepatan fluida yang menunjukkan pola alir aksial. Dimana pola alir akan menimbulkan aliran yang sejajar dengan sumbu putaran. Waktu yang semakin lama membuat pola alir yang semakin beragam. Pada gambar diatas menunjukkan perubahan pola alir berdasarkan waktu. Ketika (A) detik ke-2 terdapat pusaran aliran didekat permukaan fluida dengan pola alir *one loop circulation*. Pusaran aliran menghilangkan saat (B) detik ke-6 dan pola alir

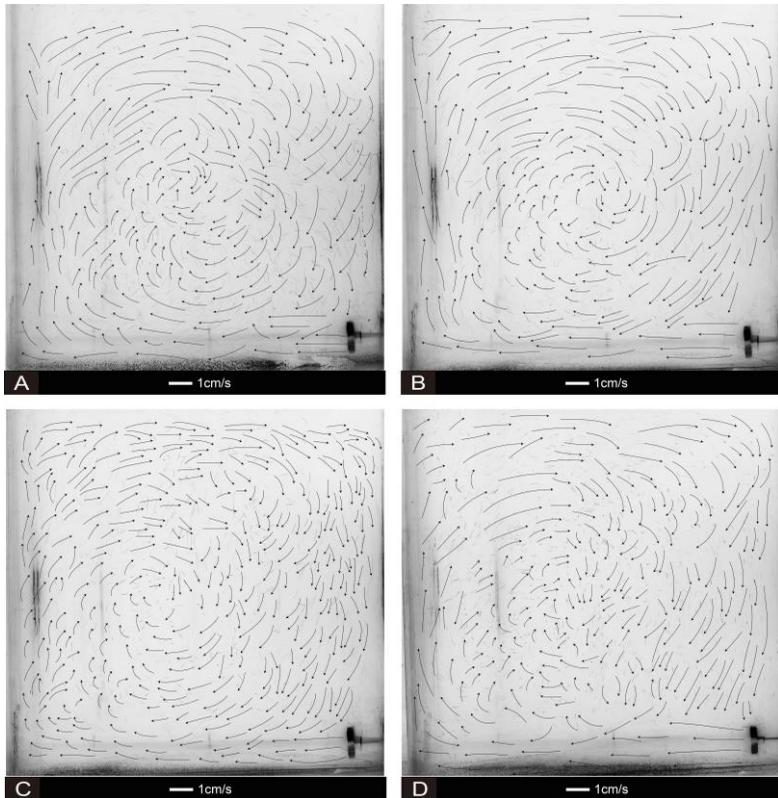
menjadi *quick return flow*. Memasuki (C) Detik Ke- 12 dan (D) Detik Ke-20 pusaran alir muncul kembali yang letaknya dimulai ditengah tangki menuju permukaan liquid.



Gambar 4.2. Pola alir inclined blade turbine $d/D=0,1$; $-\beta=10^\circ$ detik ke-(A) 2 (B) 10 (C) 16 (D) 20; $N=200$ rpm

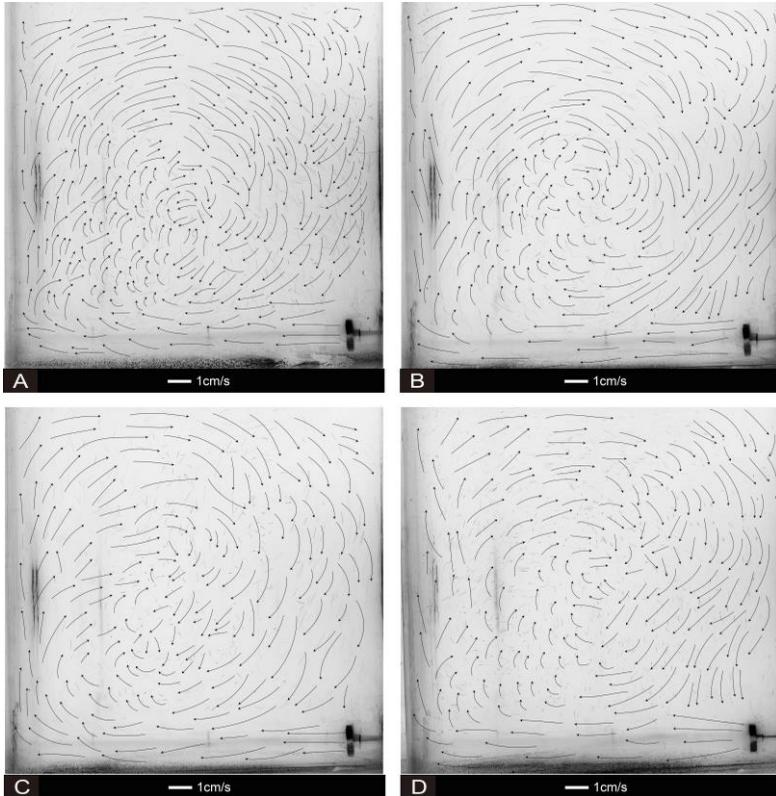
Pada awalnya pola alir untuk Alir Incined Blade Turbine $d/D=0,1$ Sudut Masuk Impeller 10° Kearah Kiri menunjukkan pola *quick return flow* dengan kecepatan rata-rata yang realtif konstan disemua ruang tangki, itu dapat dilihat dari panjang

stramline yang tergambar. Meamsuki (B) Detik Ke-10 pola alir berubah menjadi *one loop circulation* dengan ditandai adanya daerah memutar membentuk seperti pusaran aliran ditengah dekat dasar tangki, saat (C) Detik Ke- 15 maupun hingga (D) Detik Ke-20 pola alir masih menunjukkan pola alir *one loop circulation*. Setelah *discharge stream* bergerak lurus dari impeller menuju dasar tangki kemudian menyebar dan naik menuju permukaan liquid setelah menabrak dinding tangki, aliran yang naik ke permukaan liquid kembali menuju impeller.



Gambar 4.3. Pola alir inclined blade turbine $d/D=0,1$; $-\beta=10^\circ$ detik ke- (A) 2 (B) 8 (C) 16 (D) 20; $N=300$ rpm

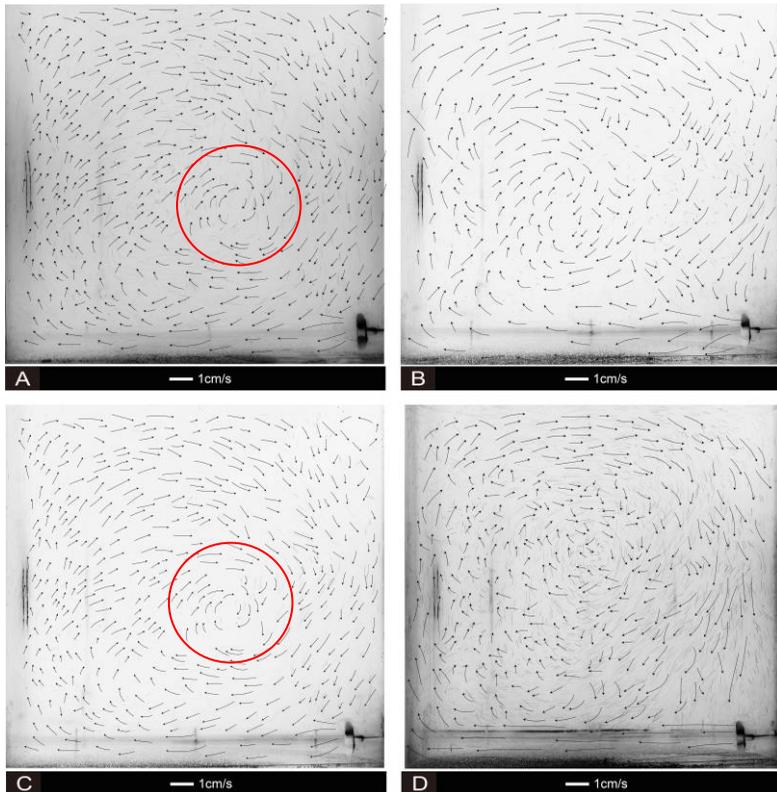
Saat kecepatan dinaikkan menjadi 300 rpm pola alir yang terjadi tidak mengalami perubahan yang besar, hanya saja terlihat perbedaan kecepatan vektor dari streamline pada setiap ruang tangki yang memiliki perbedaan masing-masing. Dan dibagian tengah membentuk pusaran yang menyerupai inti sirkulasi.



Gambar 4.4. Pola alir inclined blade turbine $d/D=0,1$; $-\beta=10^\circ$ detik ke- (A) 2 (B) 8 (C) 16 (D) 20; $N=400$ rpm

Begitu halnya ketika kecepatan putar impeller 400 rpm, pusaran aliran yang menyerupai inti sirkulasi terbentuk di bagian tengah, fenomena ini menandakan semakin cepat putaran impeller pusaran aliran tidak mudah terbentuk. Hanya saja dibagian tengah tangki akan membentuk streamline yang memutar akibat daya dorong impeller yang kuat semakin kuat daya dorong yang diberikan impeller terhadap fluida akan menghasilkan pola

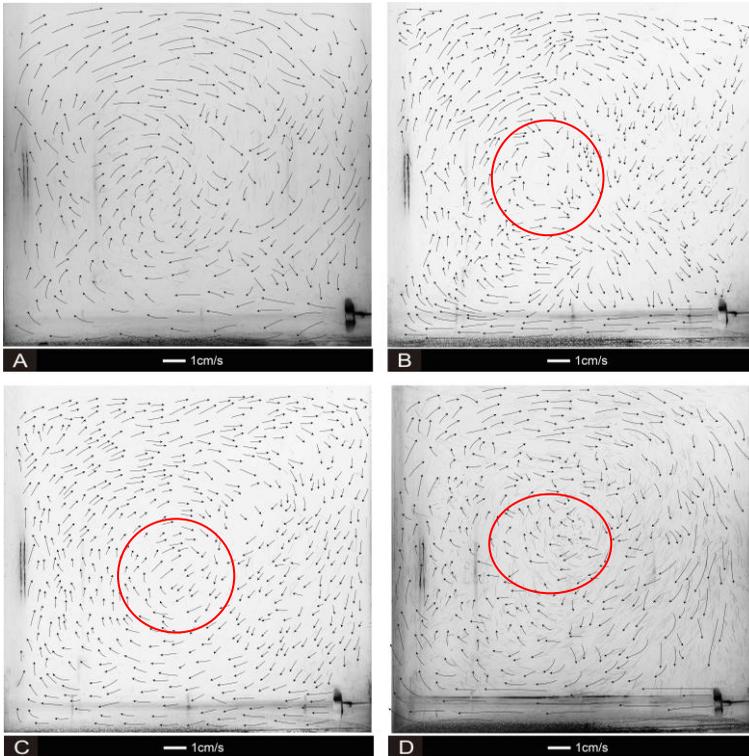
sirkulasi yang semakin besar dan dibagian tengah tangki terdapat pola yang menyerupai pusaran aliran.



Gambar 4.5. Pola alir propeller $d/D=0,1$; $-\beta=10^\circ$ detik ke- (A) 2 (B) 10 (C) 18 (D) 20; $N=100$ rpm

Fenomena pola alir yang ditunjukkan dengan kecepatan putar yang rendah memiliki berbagai bentuk pola alir yang hampir berbeda disetiap detik yang ditampilkan gambar diatas. Pada awalnya pola alir menunjukkan *quick return flow* dengan pusaran aliran yang berada ditengah tangki. Setelah itu pusaran

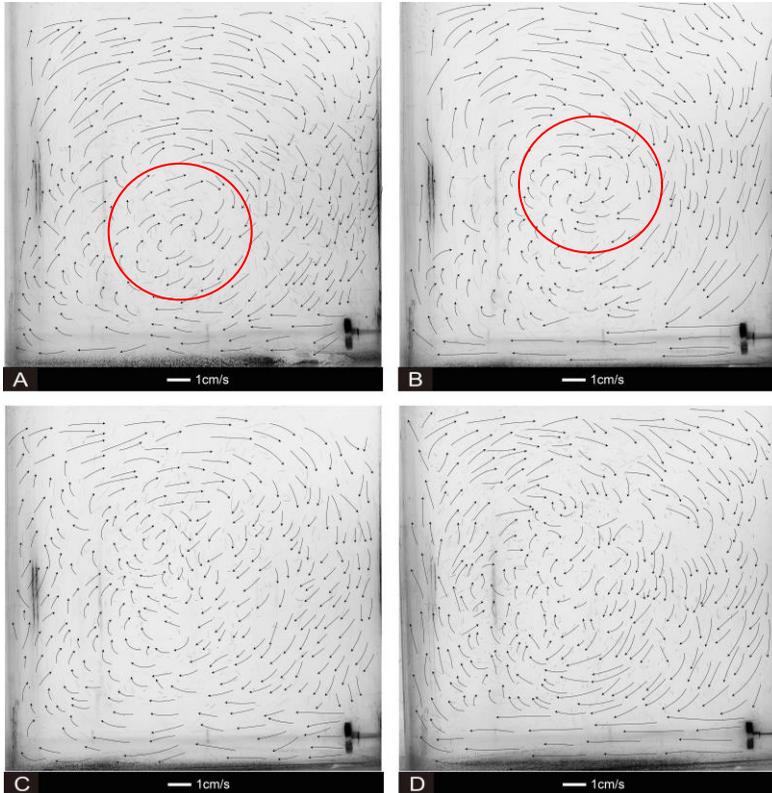
aliran menghilang saat (B) Detik Ke-10, tetapi disana masih terlihat aliran berputar yang menyerupai pusaran aliran. Pusaran aliran terlihat lagi pada (C) Detik Ke-18 yang letaknya sama saat (A) Detik Ke-2. Ketika (D) Detik Ke-20 pusaran aliran tidak terlihat lagi dan pola alir berubah menjadi *one loop circulation*.



Gambar 4.6. Pola alir propeller $d/D=0,1$; $-\beta=10^\circ$ detik ke- (A) 2 (B) 8 (C) 16 (D) 20; $N=200$ rpm

Pada gambar diatas menunjukkan adanya pusaran aliran yang terletak pada tengah tangki yang terjadi saat (A) Detik Ke-2 dan (C) Detik Ke-16, pola alir yang ditunjukkan pun seragam

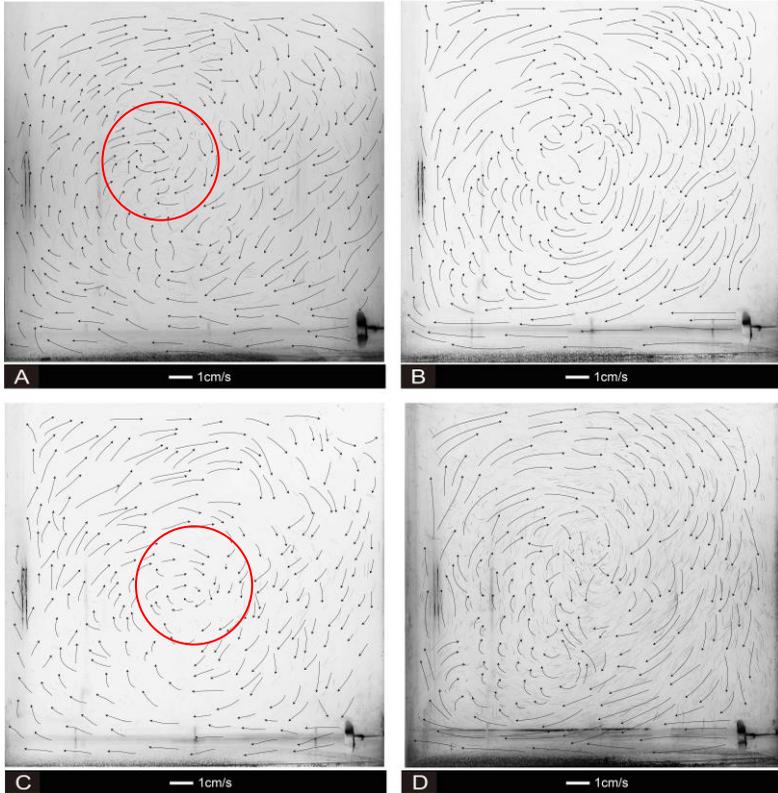
yaitu *one loop circulation*. Sedangkan untuk (A) Detik Ke-2 pola alir yang terjadi yaitu *quick return flow*. aliran dari discharge impeller menuju dinding, kemudian sebagian kecil dari aliran menuju ke daerah tengah tangki, sebagian yang lain bersirkulasi dalam tangki yang kemudian dalam waktu singkat menuju ke daerah impeller lagi sehingga pola yang ditunjukkan seragam menuju impeller.



Gambar 4.7. Pola alir propeller $d/D=0,1$; $-\beta=10^\circ$ detik ke- (A) 2 (B) 10 (C) 14 (D) 20; $N=300$ rpm

Pada kecepatan 300 rpm dengan menggunakan impeller propeller saat (A) Detik Ke-2 dan (B) Detik Ke-10 terdapat pusaran aliran yang dimulai dengan ukuran besar kemudian ukurannya mengecil pada tengah tangki. Memasuki (C) Detik Ke-14 pusaran aliran menghilang dan pola aliran berubah menjadi *one loop circulation* dari *quick return flow*. saat (D) Detik Ke-20 pola alir masih sama dengan (C) Detik Ke-14, hanya saja dibagian tengah tangki pusaran yang menyerupai inti sirkulasi

mempunyai ukuran yang besar bila dibandingkan dengan saat (C) Detik Ke-14.



Gambar 4.8. Pola alir propeller $d/D=0,1$; $-\beta=10^\circ$ detik ke- (A) 2 (B)12 (C) 18 (D) 20; $N=400$ rpm

Pada gambar diatas yang menunjukkan pusaran aliran hanya terjadi saat (A) Detik Ke-2 dan (C) Detik Ke-18 dengan ukuran yang kecil. Kecepatan vektor yang terlihat dari streamline menunjukkan perubahan dari (A) Detik Ke-2 (B) Detik Ke-12 (C) Detik Ke-18 dan (D) Detik Ke-20 mengalami peningkatan nilai

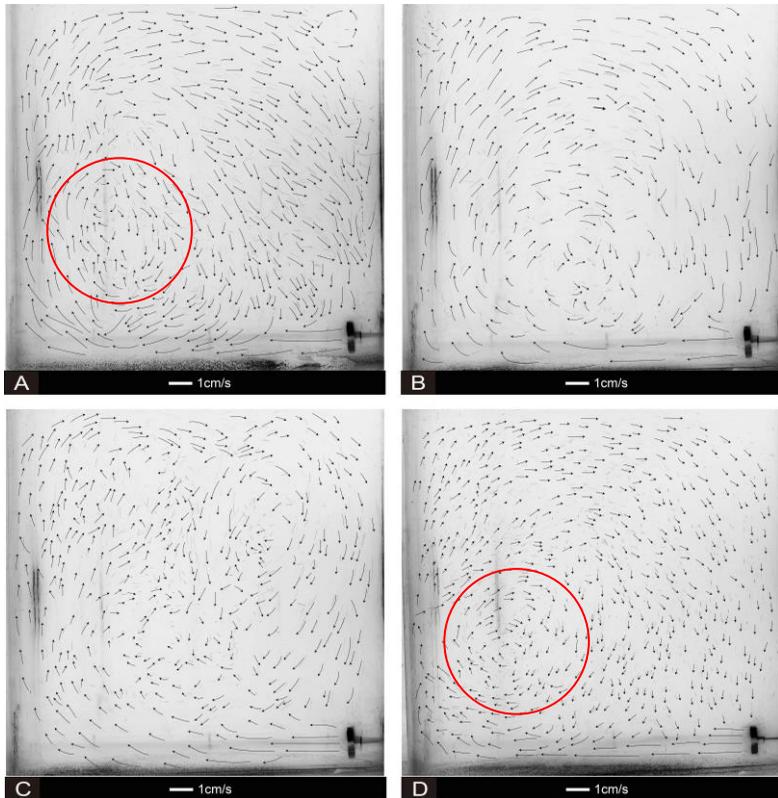
kecepatannya. Ini dikarenakan pada (A) Detik Ke-2 adalah permulaan, dimana energi dorong dari impeller yang dihasilkan diberikan kepada fluida yang diam kemudian fluida bergerak akibat dari energi dorong tersebut. Setelah beberapa saat munculah aliran sirkulasi yang memudahkan impeller memberikan energi dorong yang lebih maksimal. Sehingga dapat dilihat dari streamline perbedaan saat (A) Detik Ke-2 dan (D) Detik Ke-20.

4.2. Pengaruh Sudut Masuk Impeller Terhadap Pola Alir

Salah satu yang mempengaruhi pola alir dalam tangki side entering mixer adalah sudut masuk impeller. Sudut masuk impeller yang digunakan akan mempengaruhi pola alir yang terjadi didalam tangki, jika didalam tangki daerah stagnan lebih banyak akan mengakibatkan proses pencampuran terjadi dalam waktu yang lama. Oleh karena karena itu pada proses pencampuran yang baik harus diperhatikan bukan hanya sudut masuk impeller tetapi bentuk dan dimensi pengaduk yang digunakan serta variabel speed motor akan mempengaruhi pola alir yang terjadi didalam tangki *side-entering mixer*

Untuk mengetahui pengaruh sudut masuk impeller, penelitian ini dilakukan pengamatan pada jenis impeller inclane blade turbin 4-daun dan propeller 3-daun dengan diameter 3 dan 4 cm. Variasi sudut yang diberikan yaitu 5° , 10° , 15° dan 0° sebagai pembandingan terhadap variasi sudut yang diberikan. Pola alir yang disajikan merupakan salah satu gambar yang terkecil dari sekian banyak gambar, yang mana merupakan pola alir dominan dengan waktu pengambilan 2 detik.

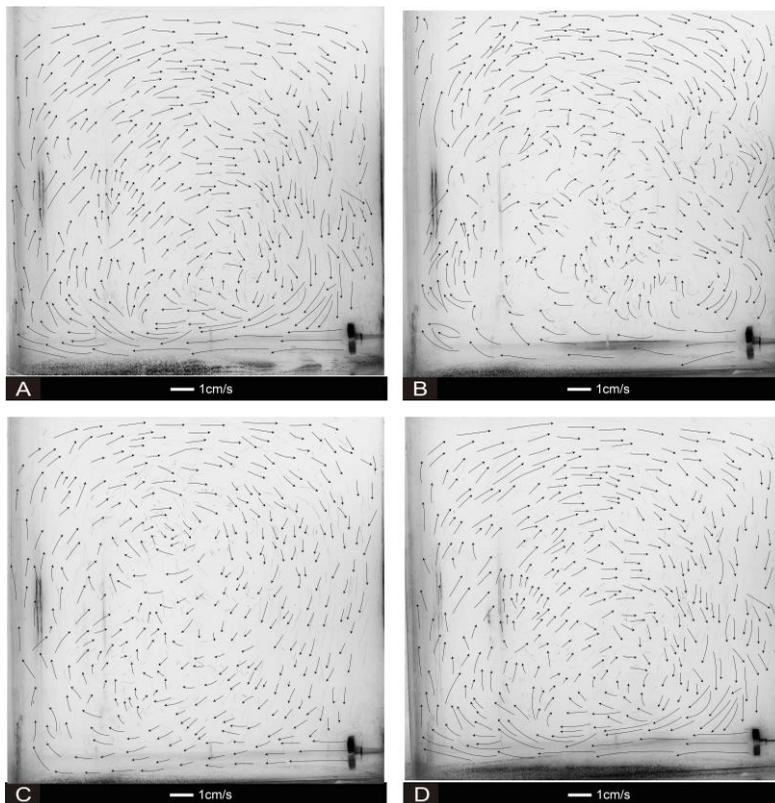
Pada **Gambar 4.9** sampai **Gambar 4.12** dengan perbandingan pola alir *inclined blade turbine* $d/D = 0,075$ jika sudut masuk impeller yang diberikan yaitu 0° , 5° , 10° dan 15° kerah kanan pada kecepatan 100 rpm, 200 rpm, 300 rpm dan 400 rpm di tiap variasi sudut akan ditunjukkan dibawah ini :



Gambar 4.9. Perbandingan pola alir inclined blade turbine $d/D=0,075$; $+\beta=$ (A) 0° , (B) 5° , (C) 10° dan (D) 15° ; $N=100$ rpm

Secara umum pola alir yang terjadi memiliki kecenderungan membentuk one loop circulation, dimana setelah *discharge stream* bergerak lurus dari impeller menuju dasar tangki kemudian menyebar dan naik menuju permukaan liquid setelah menabrak dinding tangki. Aliran yang naik ke permukaan liquid kembali menuju impeller.

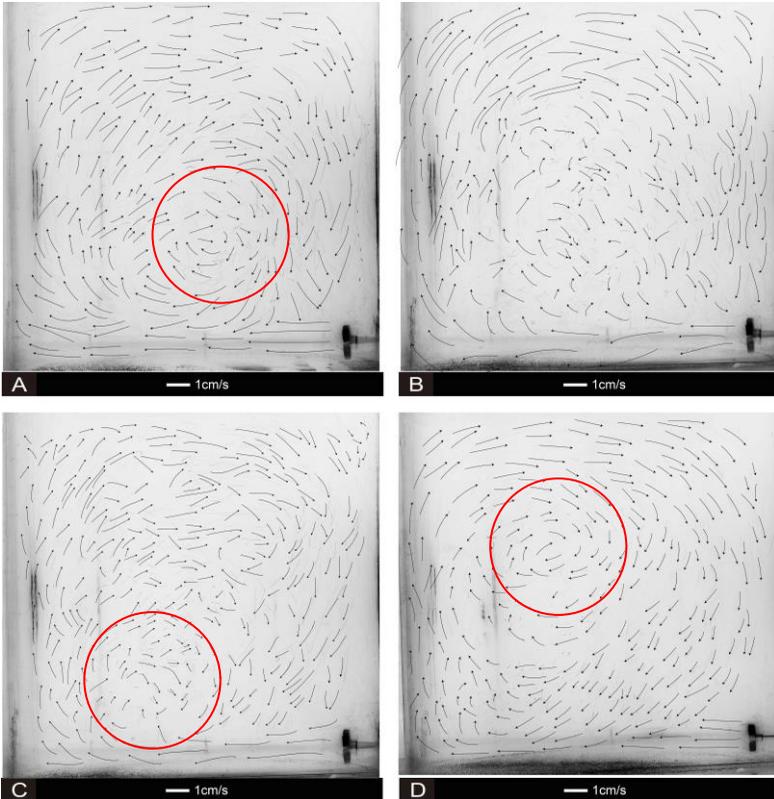
Tetapi terdapat perbedaan bentuk sirkulasinya, untuk sudut masuk impeller (A) 0° dan (D) 15° terbentuk pusaran aliran di dekat dasar tangki. Dan untuk (B) 5° dan (C) 10° pola aliran *quick return flow*. aliran dari discharge impeller menuju dinding, kemudian sebagian kecil dari aliran menuju ke daerah tengah tangki, sebagian yang lain bersirkulasi dalam tangki yang kemudian dalam waktu singkat menuju ke daerah impeller lagi sehingga pola yang ditunjukkan seragam menuju impeller.



Gambar 4.10. Perbandingan pola alir inclined blade turbine $d/D=0,075$; $+\beta=$ (A) 0° , (B) 5° , (C) 10° dan (D) 15° ; $N= 200$ rpm

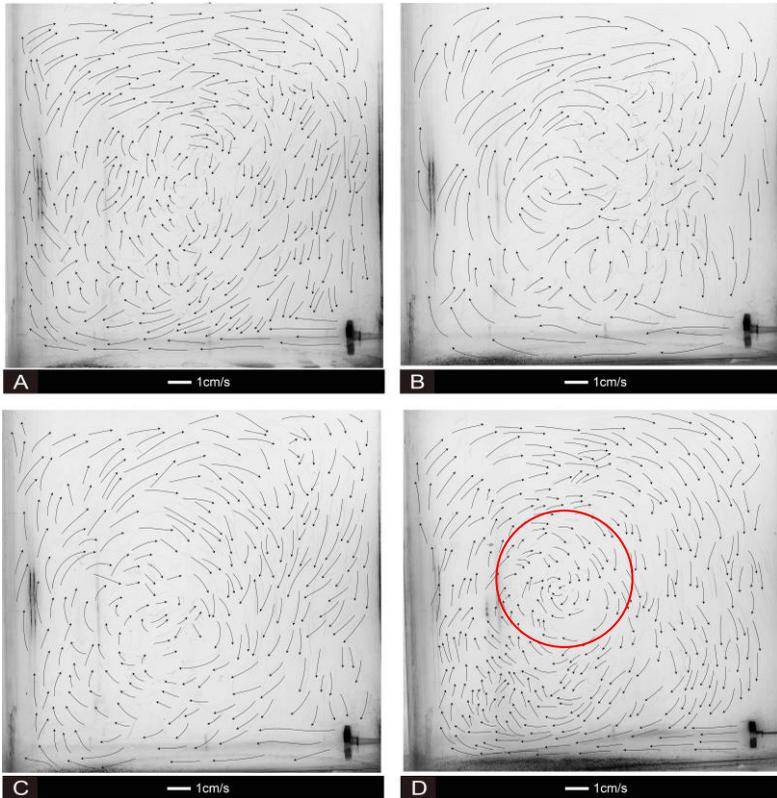
Pola alir yang terjadi untuk masuk sudut masuk impeller (A) 0° , (B) 5° dan (D) 15° menunjukkan pola alir *quick return flow*, aliran dari discharge impeller menuju dinding, kemudian sebagian kecil dari aliran menuju ke daerah tengah tangki, sebagian yang lain bersirkulasi dalam tangki yang kemudian dalam waktu singkat menuju ke daerah impeller lagi sehingga pola yang ditunjukkan seragam menuju impeller.

Sedangkan untuk (C) 10° pola alir yang ditunjukkan *one loop circulation*, setelah *discharge stream* bergerak lurus dari impeller menuju dasar tangki kemudian menyebar dan naik menuju permukaan liquid setelah menabrak dinding tangki, aliran yang naik ke permukaan liquid kembali menuju impeller. Tetapi terdapat pusaran aliran yang terjadi didekat permukaan liquid.



Gambar 4.11. Perbandingan pola alir inclined blade turbine $d/D=0,075$; $+\beta=$ (A) 0° , (B) 5° , (C) 10° dan (D) 15° ; $N=300$ rpm

Untuk sudut masuk impeller (A) 0° , (C) 10° dan (D) 15° pola alir yang ditunjukkan merupakan *one loop circulation* dengan pusaran aliran yang berbeda-beda tempatnya. Sedangkan untuk (B) 5° menunjukkan pola aliran *quick return flow*.

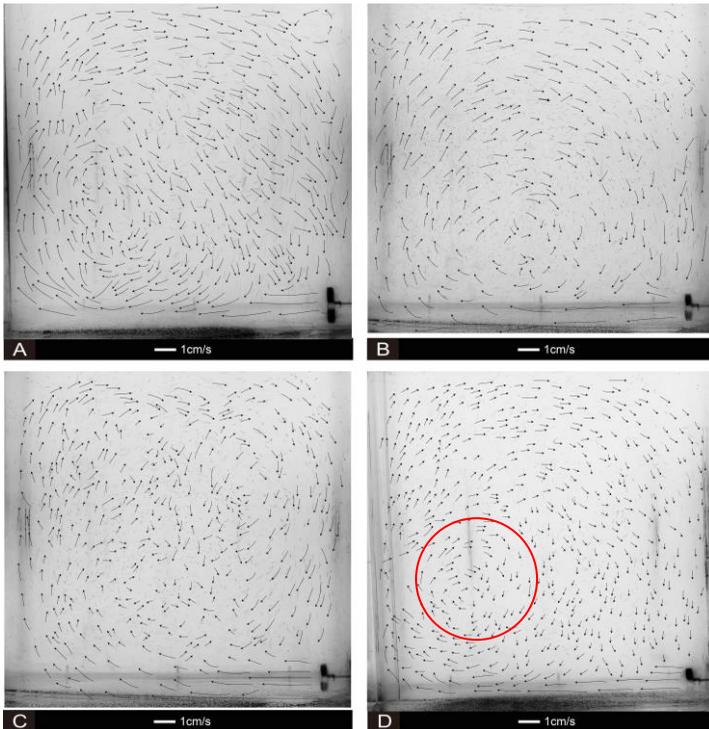


Gambar 4.12. Perbandingan pola alir inclined blade turbine $d/D=0,075$; $+\beta=$ (A) 0° , (B) 5° , (C) 10° dan (D) 15° ; $N=400$ rpm

Pola alir yang ditunjukkan pada sudut masuk impeller masuk (A) 0° , (B) 5° , (C) 10° dan (D) 15° membentuk *quick return flow*, aliran dari discharge impeller menuju dinding, kemudian sebagian kecil dari aliran menuju ke daerah tengah tangki, sebagian yang lain bersirkulasi dalam tangki yang kemudian dalam waktu singkat menuju ke daerah impeller lagi

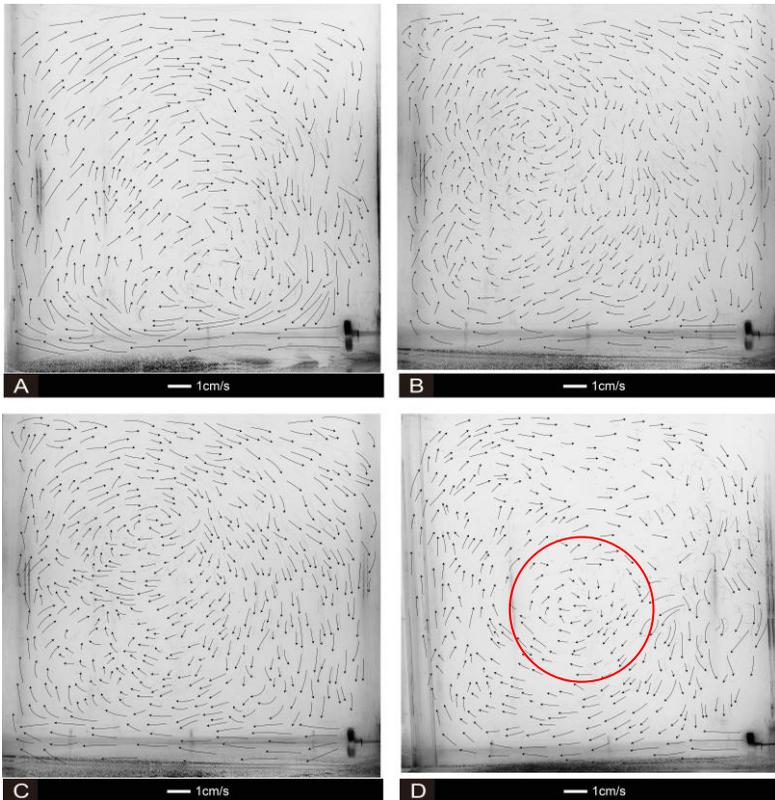
sehingga pola yang ditunjukkan seragam menuju impeller. Tetapi untuk (D) 15° terdapat pusaran aliran pada tengah tangki.

Pada **Gambar 4.13** sampai **Gambar 4.16** dibawah ini merupakan perbandingan pola alir *inclined blade turbine* $d/D=0,075$ jika sudut masuk impeller yang diberikan yaitu 0° , 5° , 10° dan 15° kerah kiri pada kecepatan 100 rpm, 200rpm, 300rpm dan 400rpm di tiap variasi sudut.



Gambar 4.13. Perbandingan pola inclined blade turbine turbine $d/D=0,075$; $-\beta=$ (A) 0° , (B) 5° , (C) 10° dan (D) 15° ; $N=100$ rpm

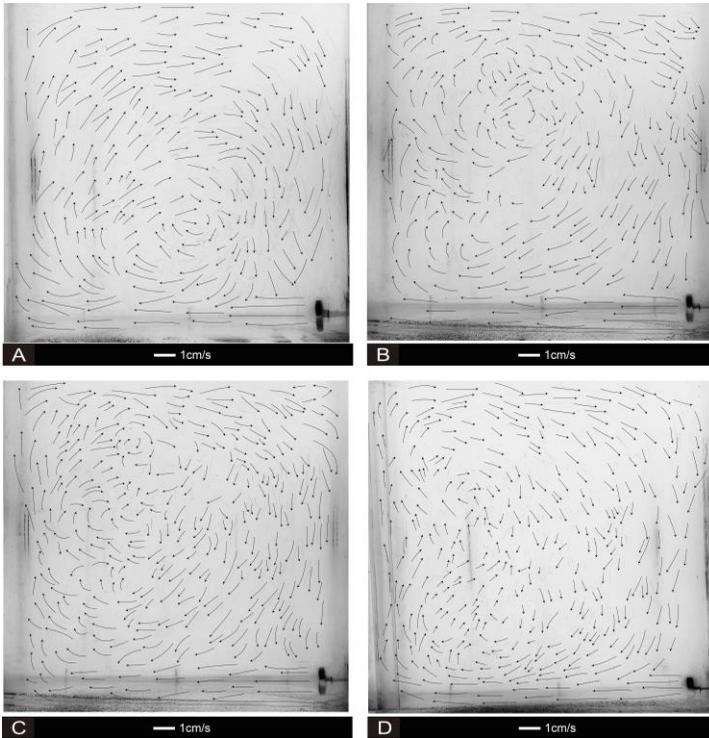
Gambar diatas menunjukkan aliran *quick return flow* untuk sudut masuk impeller (A) 0° , (B) 5° (C) 10° dan (D) 15° . Tetapi pada sudut (D) 15° terdapat pusaran aliran didekat dasar tangki.



Gambar 4.14. Perbandingan pola alir inclined blade turbine $d/D=0,075$; $-\beta=$ (A) 0° , (B) 5° , (C) 10° dan (D) 15° ; $N=200$ rpm

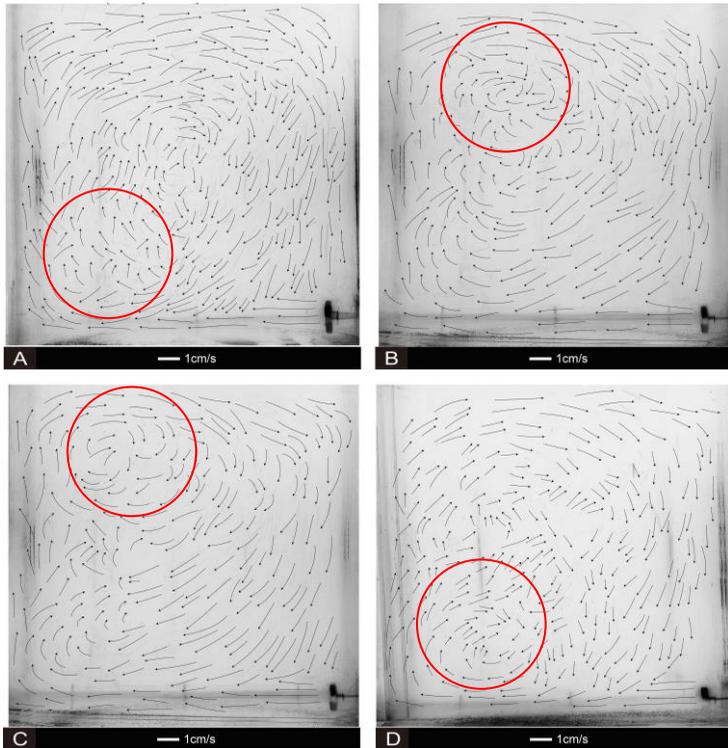
Pola alir *one loop circulation* dan terdapat pusaran aliran terjadi pada sudut masuk impeller (B) 5° , (C) 10° Dan (D) 15° .

Sedangkan untuk sudut (A) 0° menunjukkan pola alir *quick return flow*. Aliran dari discharge impeller menuju dinding, kemudian sebagian kecil dari aliran menuju ke daerah tengah tangki, sebagian yang lain bersirkulasi dalam tangki yang kemudian dalam waktu singkat menuju ke daerah impeller lagi sehingga pola yang ditunjukkan seragam menuju impeller.



Gambar 4.15. Perbandingan pola inclined blade turbine $d/D=0,075$; $-\beta=$ (A) 0° , (B) 5° , (C) 10° dan (D) 15° ; $N=300$ rpm

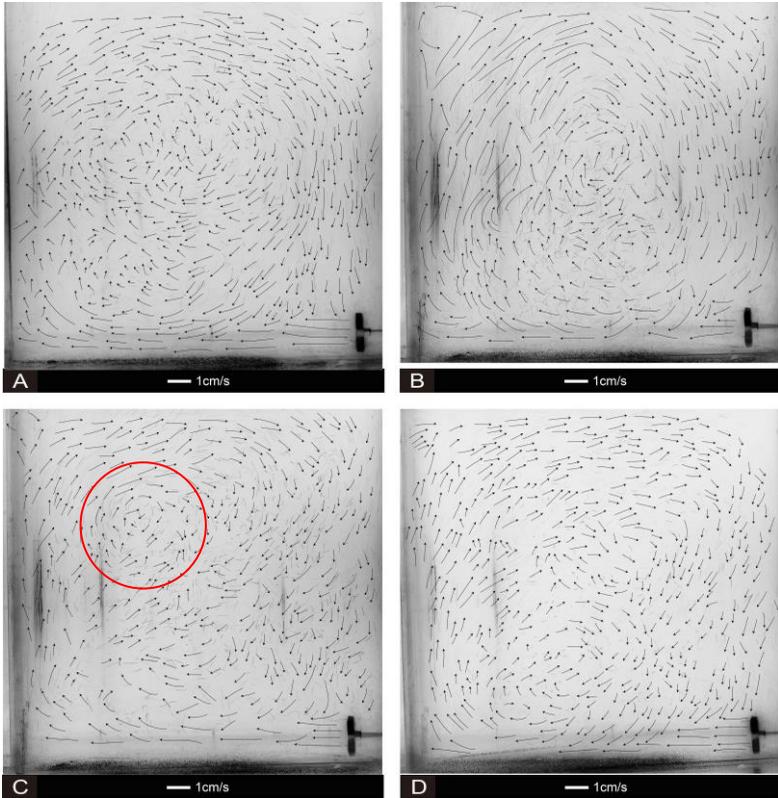
Pada kecepatan putar 300 rpm, semua sudut masuk impeller mulai dari (A) 0° , (B) 5° , (C) 10° Dan (D) 15° menunjukkan pola alir *quick return flow*. Aliran dari discharge impeller menuju dinding, kemudian sebagian kecil dari aliran menuju ke daerah tengah tangki, sebagian yang lain bersirkulasi dalam tangki yang kemudian dalam waktu singkat menuju ke daerah impeller lagi sehingga pola yang ditunjukkan seragam menuju impeller.



Gambar 4.16. Perbandingan pola alir inclined blade turbine $d/D=0,075$; $-\beta=$ (A) 0° , (B) 5° , (C) 10° dan (D) 15° ; $N=400$ rpm

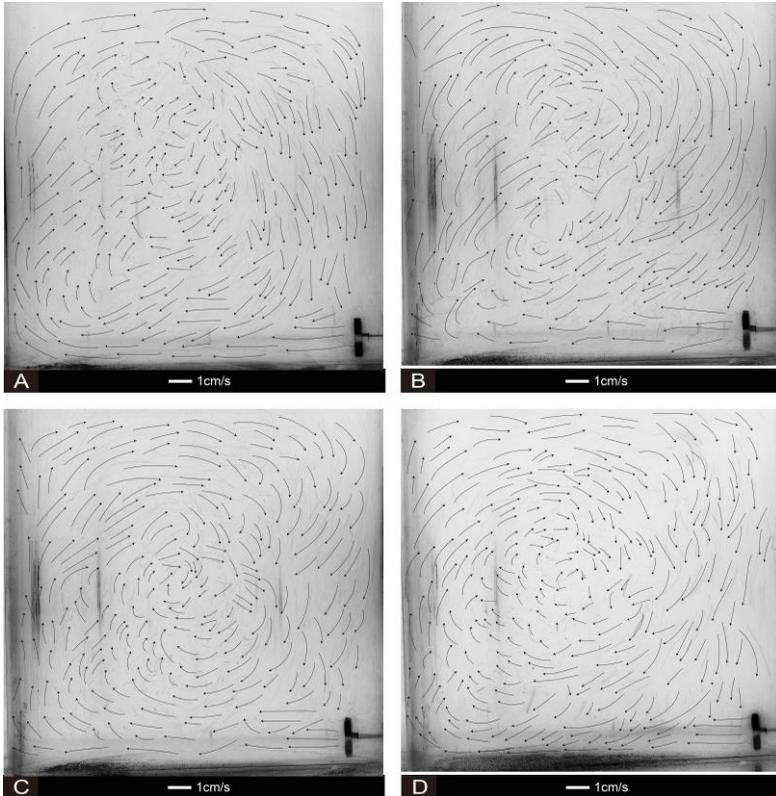
Dengan meningkatkan kecepatan putar imepeller menjadi 400 rpm, pola alir pada sudut (B) 5° dan (C) 10° menunjukkan perbedaan dengan sudut masuk (A) 0° Dan (D) 15° berupa terbentuk pusaran aliran didekat permukaan liquid. secara keseluruhan pola alir membentuk *one loop circulation*. setelah *discharge stream* bergerak lurus dari impeller menuju dasar tangki kemudian menyebar dan naik menuju permukaan liquid setelah menabrak dinding tangki, aliran yang naik ke permukaan liquid kembali menuju impeller.

Gambar 4.17 sampai **Gambar 4.24** adalah pola alir yang ditunjukkan ketika ukuran diamter impeller diperbesar dari 3 cm menjadi 4 cm untuk jumlah blade yang sama yaitu 4 blade dengan variabel speed motor yang sama yaitu 100 rpm, 200 rpm 300 rpm dan 400 rpm.



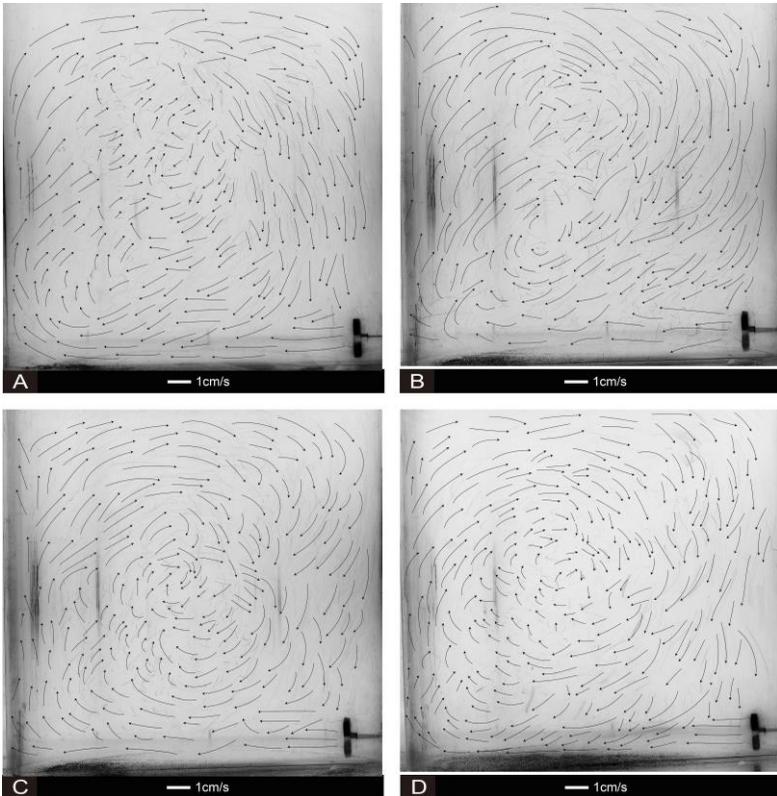
Gambar 4.17. Perbandingan pola alir inclined blade turbine $d/D=0,1$; $+\beta=$ (A) 0° , (B) 5° , (C) 10° dan (D) 15° ; $N=100$ rpm

Dengan diperbesarnya ukuran impeller menjadikan pola aliran yang semakin cepat, ini di dapat dilihat dari semakin panjangnya garis vektor yang ditunjukkan. Untuk gambar diatas pada sudut (C) 10° terdapat pusaran aliran yang letaknya di dekat permukaan liquid. secara keseluruhan pola alir yang ditunjukkan sudut masuk impeller (A) 0° , (B) 5° , (C) 10° Dan (D) 15° adalah *one loop circulation*.



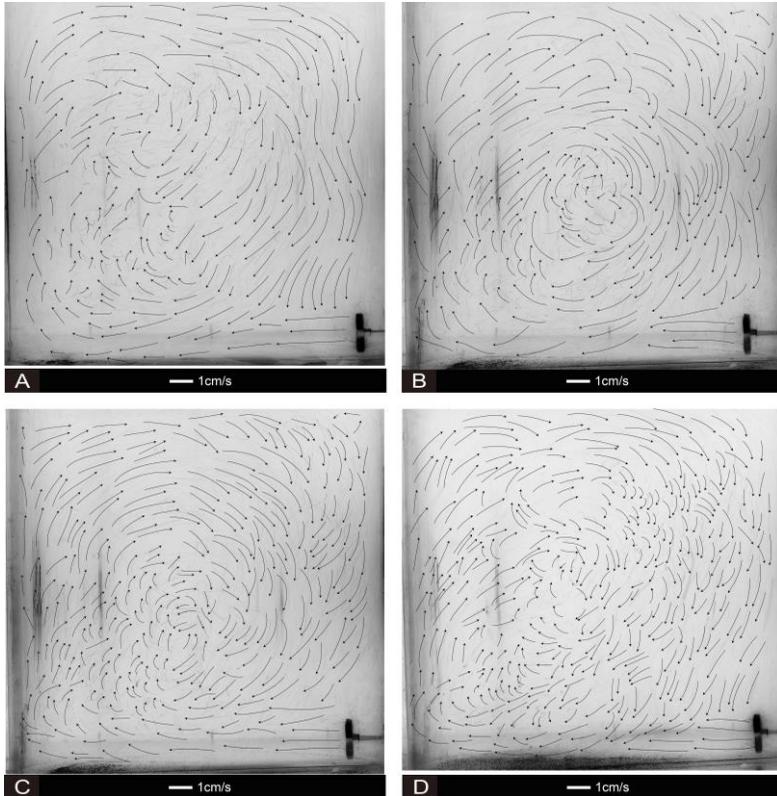
Gambar 4.18. Perbandingan pola alir inclined blade turbine $d/D=0,1$; $+\beta=$ (A) 0° , (B) 5° , (C) 10° dan (D) 15° ; $N=200$ rpm

Pada gambar diatas dengan sudut masuk impeller (A) 0° , (B) 5° , (C) 10° Dan (D) 15° menunjukkan pola alir one loop circulation. Setelah *discharge stream* bergerak lurus dari impeller menuju dasar tangki kemudian menyebar dan naik menuju permukaan liquid setelah menabrak dinding tangki, aliran yang naik ke permukaan liquid kembali menuju impeller.



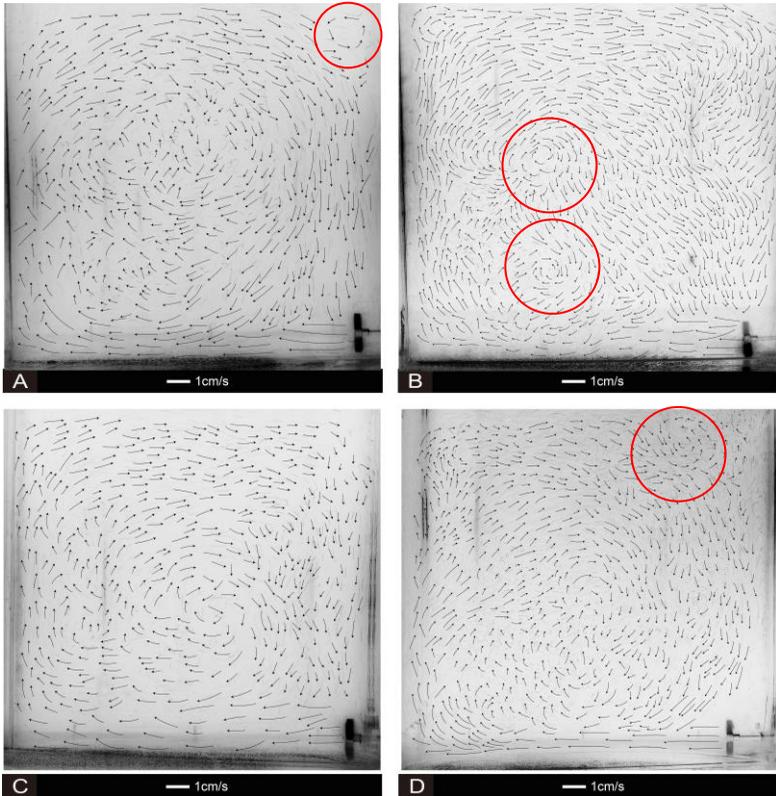
Gambar 4.19. Perbandingan pola alir inclined blade turbine $d/D=0,1$; $+\beta=$ (A) 0° , (B) 5° , (C) 10° dan (D) 15° ; $N=300$ rpm

Garis vektor yang ditunjukkan pada dambar diatas semakin panjang yang menandakan kecepatannya semakin meningkat seiring dengan kecepatan putar impeller yang diberikan semakin besar. Sedangkan melihat pola alir yang terjadi dengan sudut masuk impeller (A) 0° , (B) 5° , (C) 10° Dan (D) 15° menunjukkan pola alir *one loop circulation*.



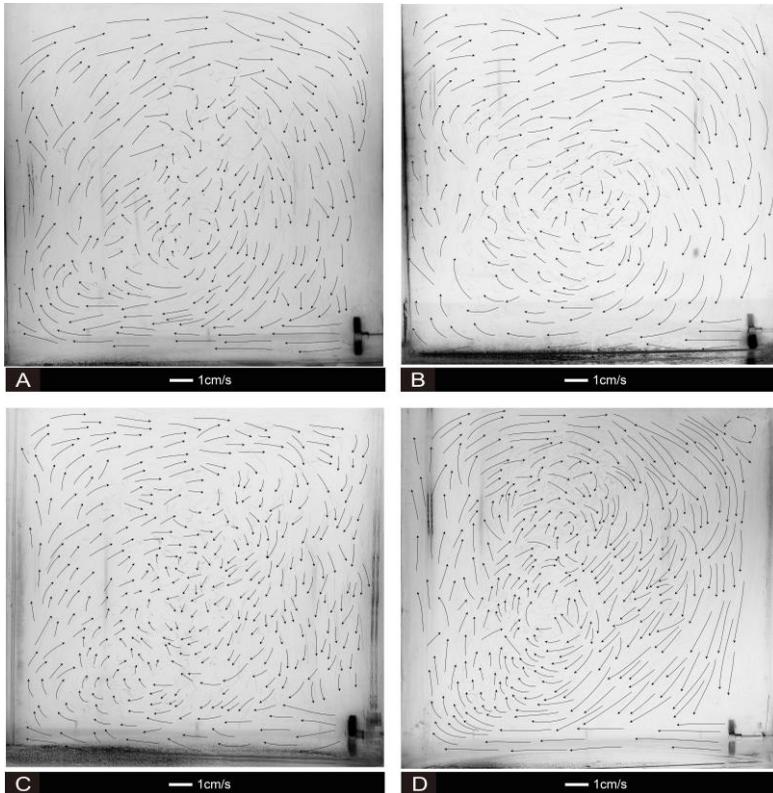
Gambar 4.20. Perbandingan pola alir inclined blade turbine $d/D=0,1$; $+\beta=$ (A) 0° , (B) 5° , (C) 10° dan (D) 15° ; $N=400$ rpm

Pola alir *quick return flow* ditunjukkan pada gambar diatas dengan sudut masuk impeller (A) 0° , (B) 5° , (C) 10° Dan (D) 15° . Aliran dari discharge impeller menuju dinding, kemudian sebagian kecil dari aliran menuju ke daerah tengah tangki, sebagian yang lain bersirkulasi dalam tangki yang kemudian dalam waktu singkat menuju ke daerah impeller lagi sehingga pola yang ditunjukkan seragam menuju impeller.



Gambar 4.21. Perbandingan pola alir inclined blade turbine $d/D=0,1$; $-\beta=$ (A) 0° , (B) 5° , (C) 10° dan (D) 15° ; $N=100$ rpm

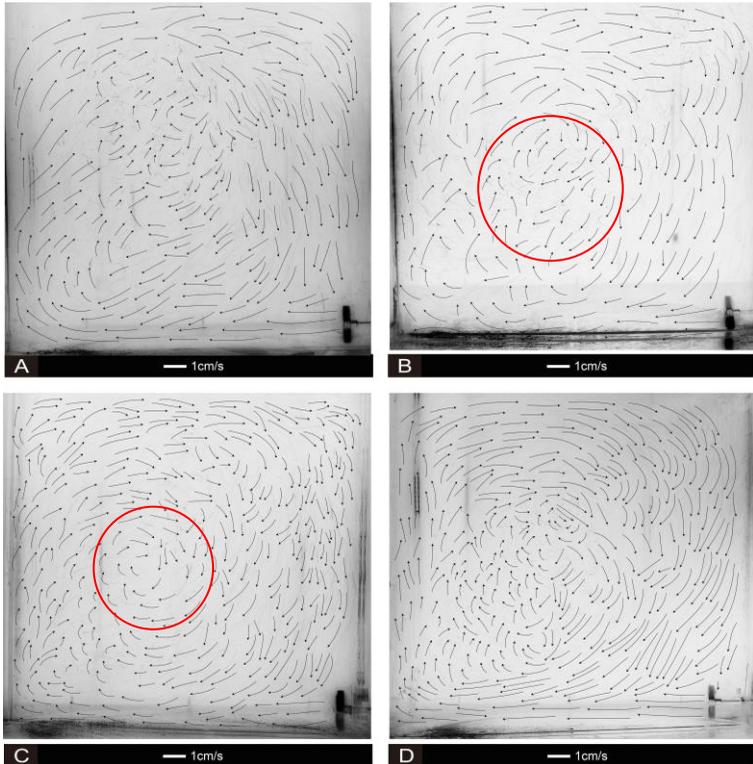
Untuk sudut masuk impeller (A) 0° dan (D) 15° terdapat pusaran aliran yang letaknya didekat dinding tangki bagian atas dengan ukuran yang kecil. Sedangkan untuk sudut (B) 5° terdapat 2 pusaran aliran yang letaknya bedekatan pada bagian tengah tangki. Secara keseluruhan pola aliran yang terjadi ditiap sudutnya termasuk pola alir *quick return flow*.



Gambar 4.22. Perbandingan pola alir inclined blade turbine $d/D=0,1$; $-\beta=$ (A) 0° , (B) 5° , (C) 10° dan (D) 15° ; $N=200$ rpm

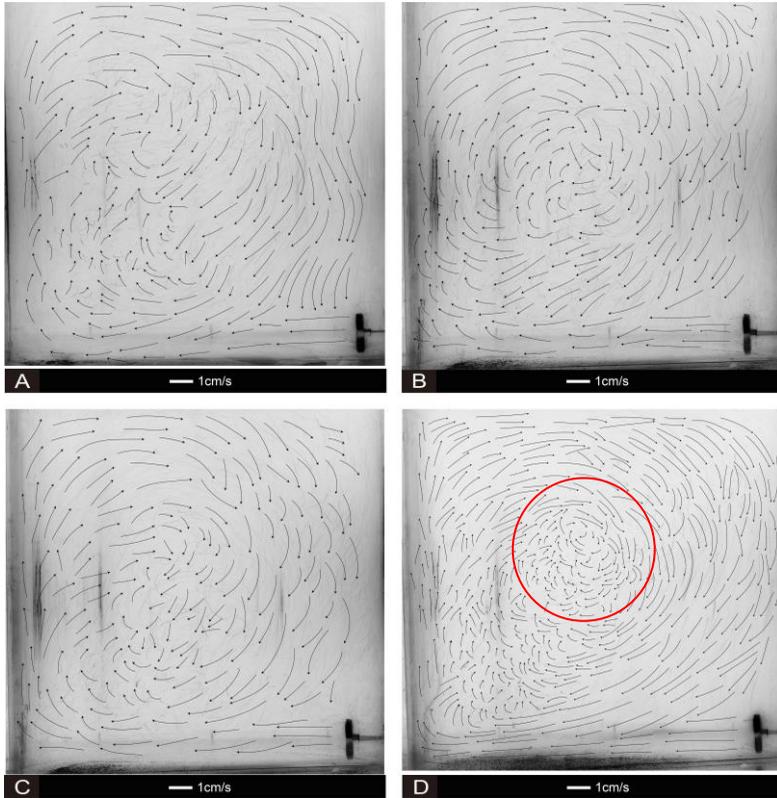
Ketika kecepatan putar impeller ditingkatkan menjadi 200 rpm. Pusaran aliran tidak terjadi ditiap sudut yang diberikan, kecenderungan pola alir yang terjadi yaitu *quick return flow*. Aliran dari discharge impeller menuju dinding, kemudian sebagian kecil dari aliran menuju ke daerah tengah tangki, sebagian yang lain bersirkulasi dalam tangki yang kemudian dalam waktu singkat

menuju ke daerah impeller lagi sehingga pola yang ditunjukkan seragam menuju impeller.



Gambar 4.23. Perbandingan pola alir inclined blade turbine $d/D=0,1$; $-\beta=$ (A) 0° , (B) 5° , (C) 10° dan (D) 15° ; $N=300$ rpm

Sedangkan pada kecepatan putar impeller 300 rpm, pusaran aliran muncul kembali. Diaman sudut masuk impeller (B) 5° dan (C) 10° memiliki pusaran aliran yang letaknya sama yaitu ditengah tangki. Pola alir keseluruhan yang terjadi merupakan *quick return flow*.

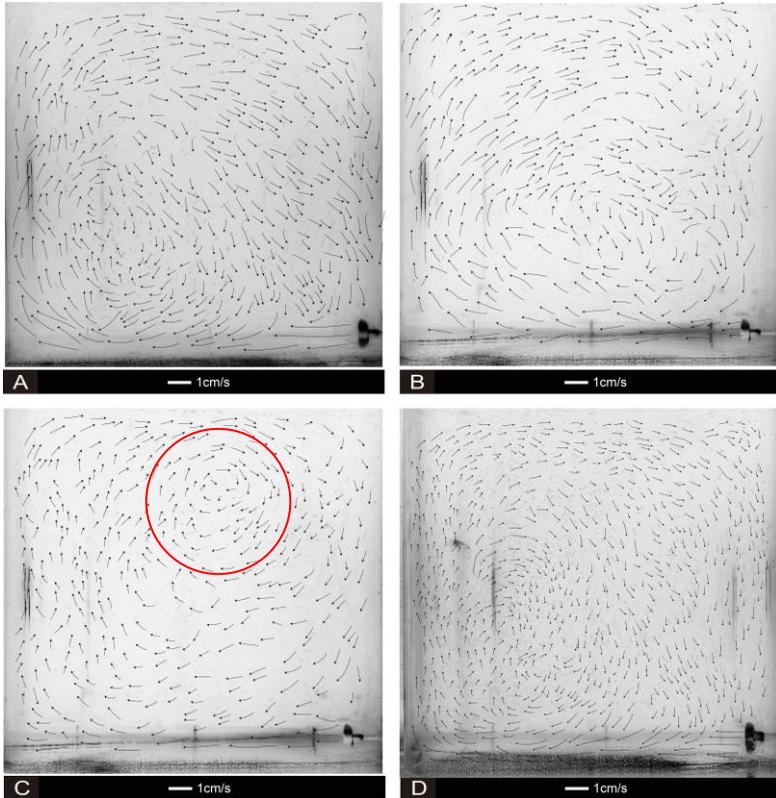


Gambar 4.24. Perbandingan pola alir inclined blade turbine $d/D=0,1$; $-\beta=$ (A) 0° , (B) 5° , (C) 10° dan (D) 15° ; $N=400$ rpm

Pada gambar diatas terdapat dua tipe pola aliran yaitu *quick return flow* untuk sudut masuk impeller (A) 0° , (B) 5° dan (C) 10° . Sedangkan untuk sudut masuk impeller (D) 15° pola alir yang terjadi yaitu *one loop circulation* dengan pusaran aliran yang terletak ditengah tangki.

Pola aliran dengan impeller *Inclined Blade Turbine* yang ditunjukkan dari **Gambar 4.10** sampai **Gambar 4.24** secara keseluruhan memiliki kecenderungan pola aliran aksial, dimana pola alir akan menimbulkan aliran yang sejajar dengan sumbu putaran. Hal ini sesuai dengan literatur apabila impeller inclined blade turbine merupakan impeller yang menghasilkan aliran aksial. (Ramin et al., 2007)

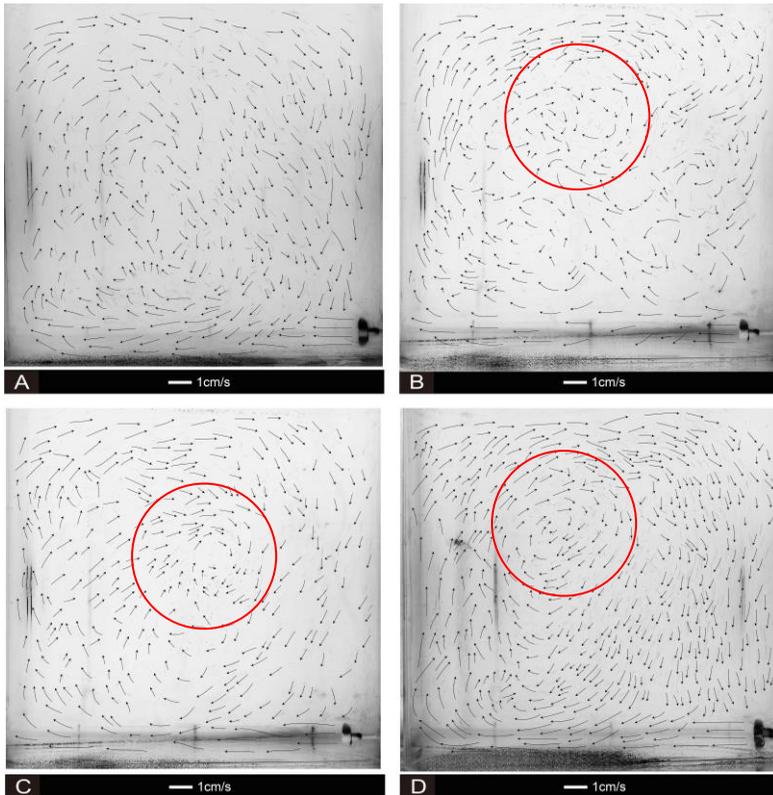
Impeller yang juga digunakan pada penelitian ini yaitu propeller diameter 3 cm dan 4 cm. Gambar dibawah ini menunjukkan pola alir yang terjadi jika sudut masuk impeller bervariasi dengan kecepatan putar impeller yang tetap.



Gambar 4.25. Perbandingan pola alir propeller $d/D=0,075$; $+\beta=$ (A) 0° , (B) 5° , (C) 10° dan (D) 15° ; $N=100$ rpm

Dengan perubahan impeller yang diberikan pusaran aliran juga muncul pada sudut masuk impeller (C) 10° yang letaknya didekat permukaan liquid. Dari pengamatan pola alir yang terlihat disetiap variabel sudut merupakan *quick return flow*. Aliran dari discharge impeller menuju dinding, kemudian sebagian kecil dari aliran menuju ke daerah tengah tangki, sebagian yang lain bersirkulasi dalam tangki yang kemudian dalam waktu singkat

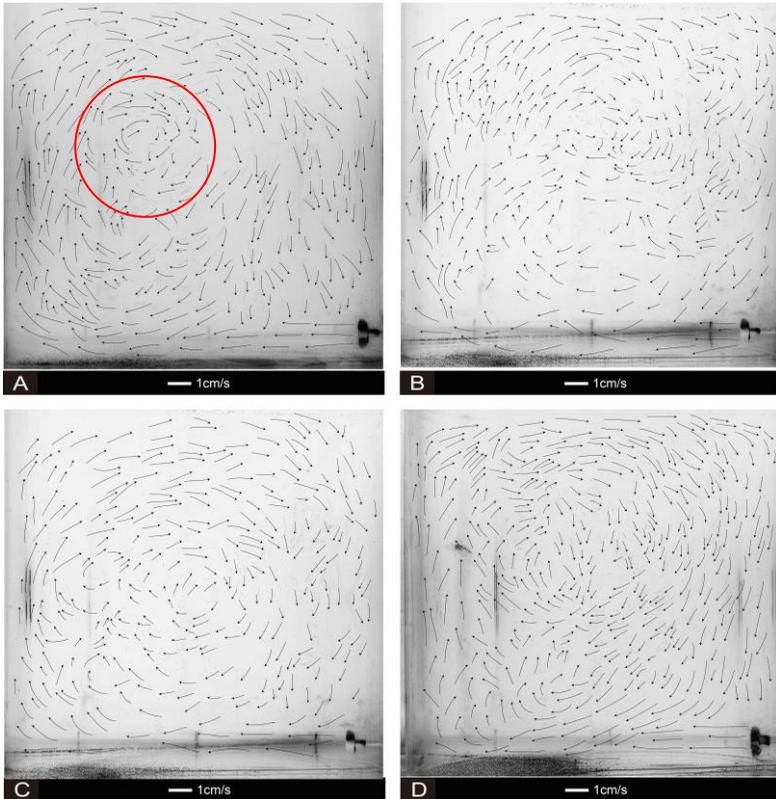
menuju ke daerah impeller lagi sehingga pola yang ditunjukkan seragam menuju impeller.



Gambar 4.26. Perbandingan pola alir propeller $d/D=0,075$; $+\beta=$ (A) 0° , (B) 5° , (C) 10° dan (D) 15° ; $N=200$ rpm

Pada gambar diatas menunjukkan pusaran aliran yang terjadi pada sudut masuk impeller (B) 5° , (C) 10° dan (D) 15° dan pola alir yang terjadi merupakan *one loop circulation*. Setelah *discharge stream* bergerak lurus dari impeller menuju dasar tangki kemudian menyebar dan naik menuju permukaan liquid

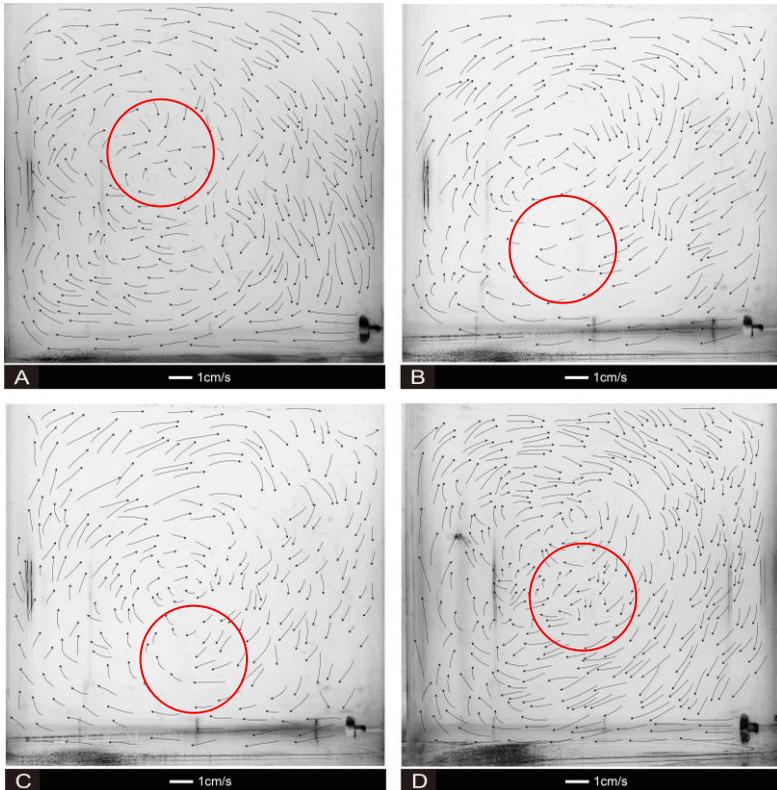
setelah menabrak dinding tangki, aliran yang naik ke permukaan liquid kembali menuju impeller. Sedangkan untuk sudut masuk (A) 0° merupakan quick return flow.



Gambar 4.27. Perbandingan pola alir propeller $d/D=0,075$; $+\beta=$ (A) 0° , (B) 5° , (C) 10° dan (D) 15° ; $N=300$ rpm

Pada kecepatan 300 rpm memiliki perbedaan dibandingkan dengan 200 rpm yang ditunjukkan **Gambar 4.27**. Dimana pada sudut impeller (A) 0° terjadi pusaran aliran yang terletak di dekat permukaan liquid.

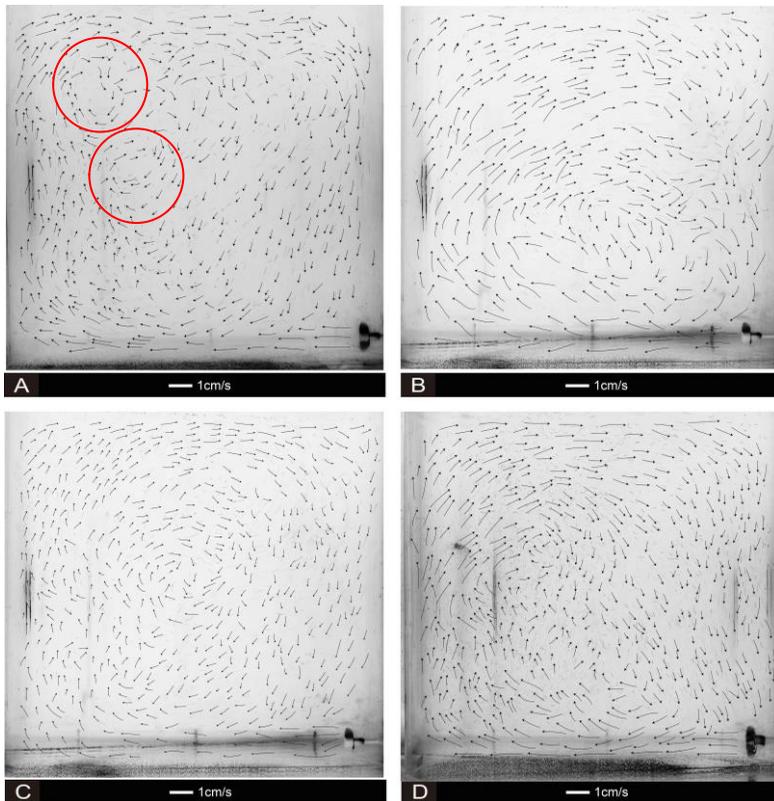
sedangkan untuk sudut masuk impeller (B) 5° , (C) 10° dan (D) 15° tidak terjadi pusaran aliran. Dan untuk pola aliran yang terjadi pada sudut masuk impeller (A) 0° , (B) 5° dan (D) 15° yaitu *one loop circulation*, sedangkan sudut (C) 10° yaitu *quick return flow*.



Gambar 4.28. Perbandingan pola alir propeller $d/D=0,075$; $+\beta=$ (A) 0° , (B) 5° , (C) 10° dan (D) 15° ; $N=400$ rpm

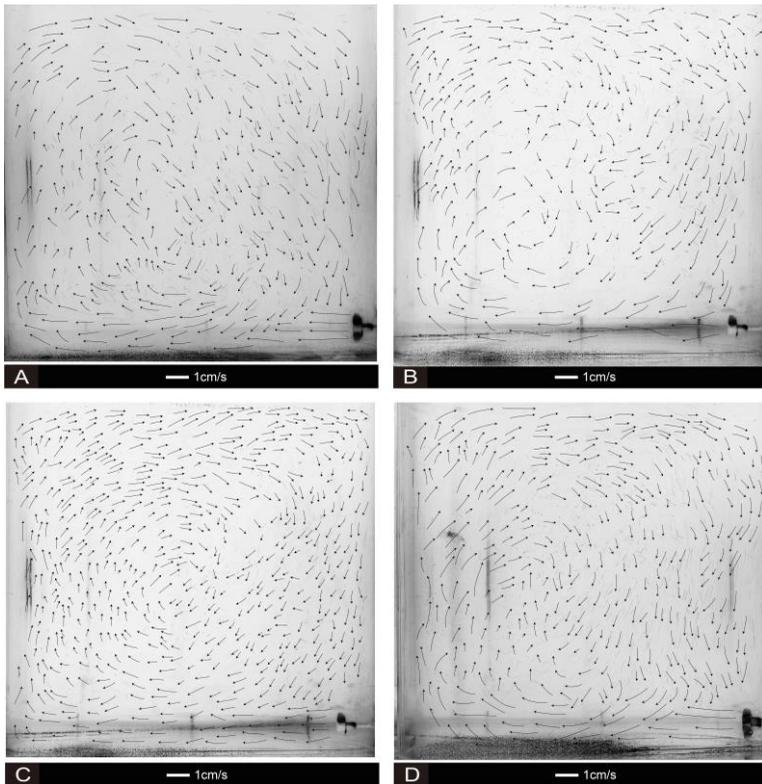
Ketika kecepatan putar impeller menjadi 400 rpm semuanya menunjukkan adanya pusaran aliran yang letaknya

ditengah tangki, tetapi memiliki ukuran yang kecil. Dan pola alir yang terjadi *quick return flow* untuk sudut masuk impeller (A) 0° , (B) 5° dan (C) 10° . Sedangkan untuk sudut 15° *one loop circulation*.



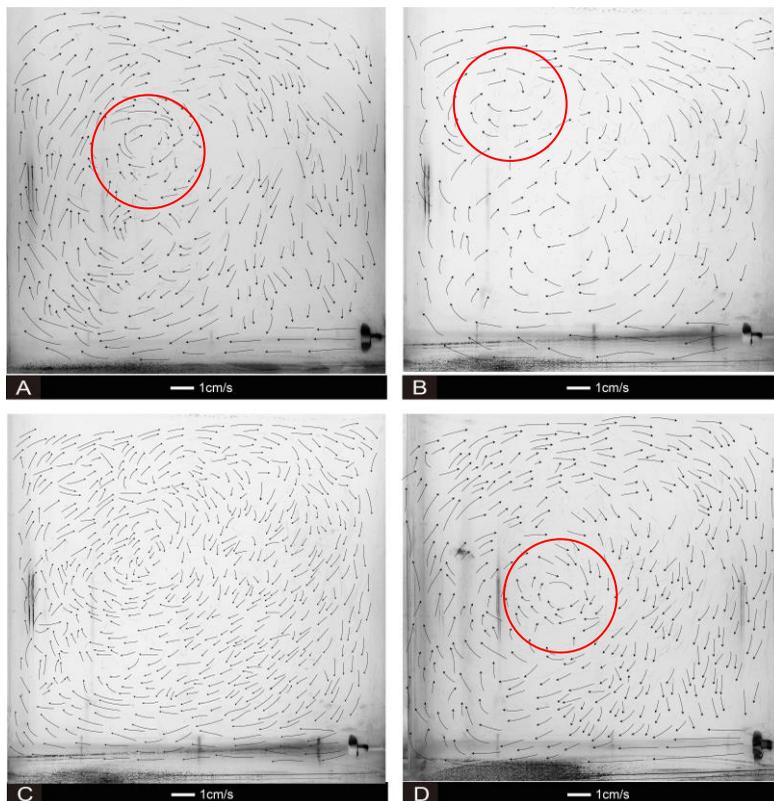
Gambar 4.29. Perbandingan pola alir propeller $d/D=0,075$; $-\beta=$ (A) 0° , (B) 5° , (C) 10° dan (D) 15° ; $N=100$ rpm

Pada sudut masuk impeller kerah kiri memiliki kecenderungan pola alir *one loop circulation*. Setelah *discharge stream* bergerak lurus dari impeller menuju dasar tangki kemudian menyebar dan naik menuju permukaan liquid setelah menabrak dinding tangki, aliran yang naik ke permukaan liquid kembali menuju impeller. Pada sudut masuk impeller (A) 0° memiliki 2 pusaran aliran yang letaknya bedekatan didekat permukaan liquid.



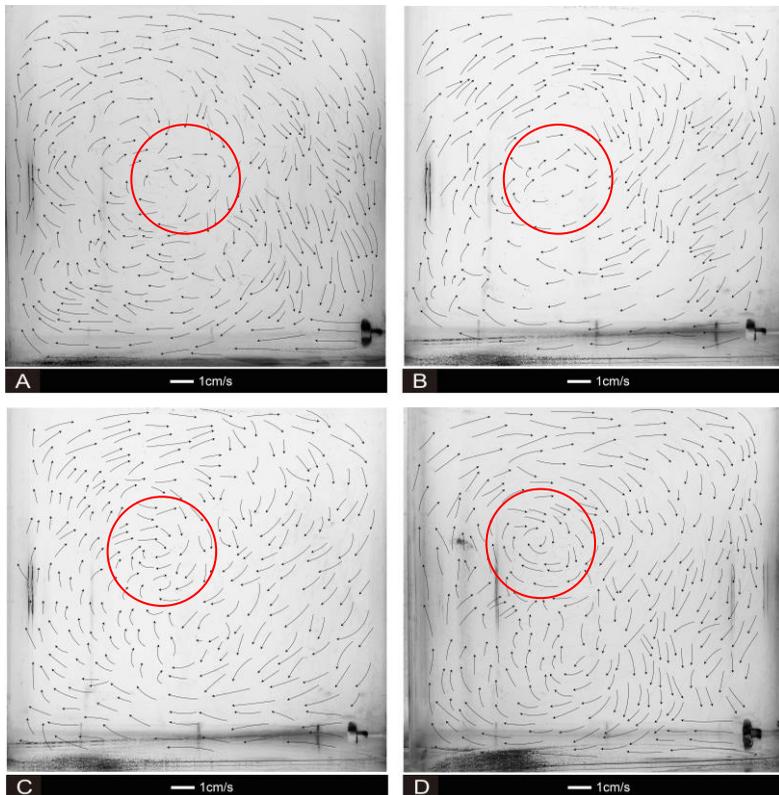
Gambar 4.30. Perbandingan pola alir propeller $d/D=0,075$; $-\beta=$ (A) 0° , (B) 5° , (C) 10° dan (D) 15° ; $N=200$ rpm

Sama halnya dengan **Gambar 4.21**, Pola aliran yang terjadi yaitu *one loop circulation*. Setelah *discharge stream* bergerak lurus dari impeller menuju dasar tangki kemudian menyebar dan naik menuju permukaan liquid setelah menabrak dinding tangki, aliran yang naik ke permukaan liquid kembali menuju impeller.



Gambar 4.31. Perbandingan Pola Alir Propeller $d/D=0,075$; $-\beta=$ (A) 0° , (B) 5° , (C) 10° dan (D) 15° ; $N=300$ rpm

Pola alir *one loop circulation* juga terjadi pada sudut masuk impeller sudut masuk (A) 0° , (B) 5° , (C) 10° dan (D) 15° ke arah kiri dengan kecepatan putar 300 rpm. Hanya saja pusaran aliran terjadi pada sudut masuk impeller (A) 0° , (B) 5° dan (D) 15° .

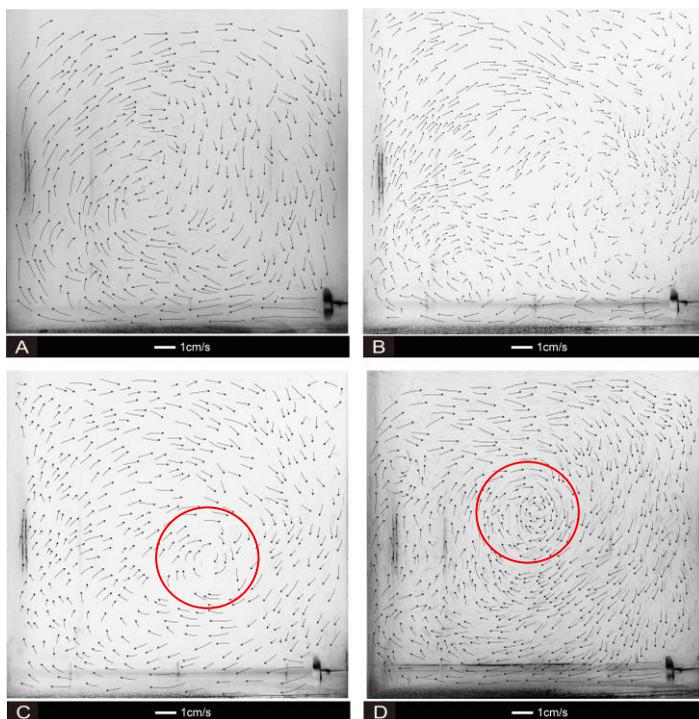


Gambar 4.32. Perbandingan pola alir propeller $d/D=0,075$; $-\beta=$ (A) 0° , (B) 5° , (C) 10° dan (D) 15° ; $N=400$ rpm

Ketika kecepatan putar ditingkatkan menjadi 400 rpm, semua variasi sudut menunjukkan pusaran aliran yang letaknya

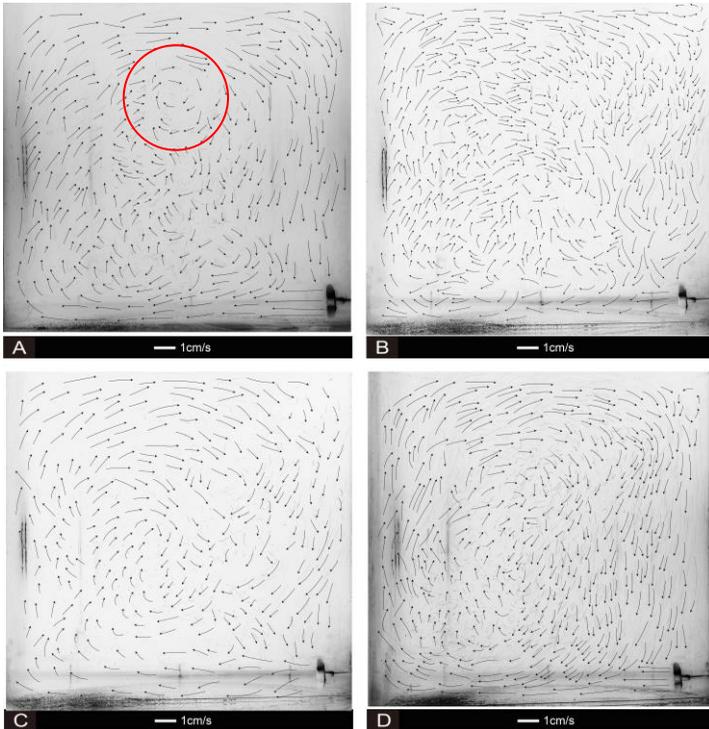
berbeda-beda. Pola aliran yang terjadi juga memiliki kesamaan yaitu *one loop circulation*. Setelah *discharge stream* bergerak lurus dari impeller menuju dasar tangki kemudian menyebar dan naik menuju permukaan liquid setelah menabrak dinding tangki, aliran yang naik ke permukaan liquid kembali menuju impeller.

Untuk impeller propeller dengan diameter 4 cm, pola alir yang terjadi akan ditunjukkan pada **Gambar 4.32** sampai **Gambar 4.39** dibawah ini.



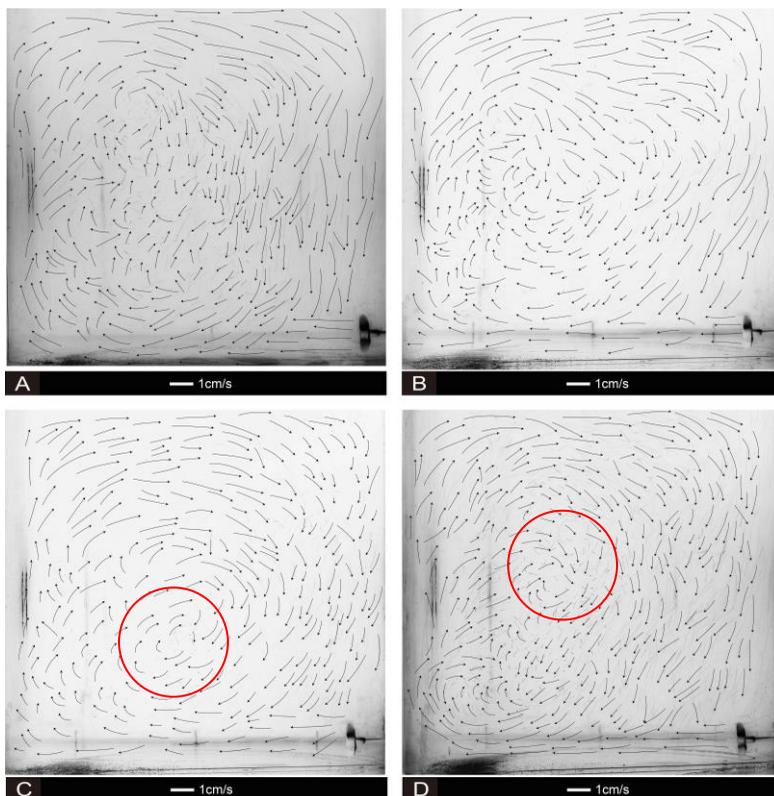
Gambar 4.33. Perbandingan pola alir propeller $d/D=0,1$; $+\beta=$ (A) 0° , (B) 5° , (C) 10° dan (D) 15° ; $N=100$ rpm

Saat ukuran diameter impeller diperbesar pola alir yang terjadi yaitu one loop circulation untuk sudut masuk (B) 5° dan (D) 15° . Dan untuk sudut masuk (A) 0° dan (C) 10° adalah *quick return flow* dimana aliran dari discharge impeller menuju dinding, kemudian sebagian kecil dari aliran menuju ke daerah tengah tangki, sebagian yang lain bersirkulasi dalam tangki yang kemudian dalam waktu singkat menuju ke daerah impeller lagi sehingga pola yang ditunjukkan seragam menuju impeller. Pada sudut masuk impeller (C) 10° dan (D) 15° memiliki pusaran aliran yang letaknya ditengah tangki dengan ukuran kecil.



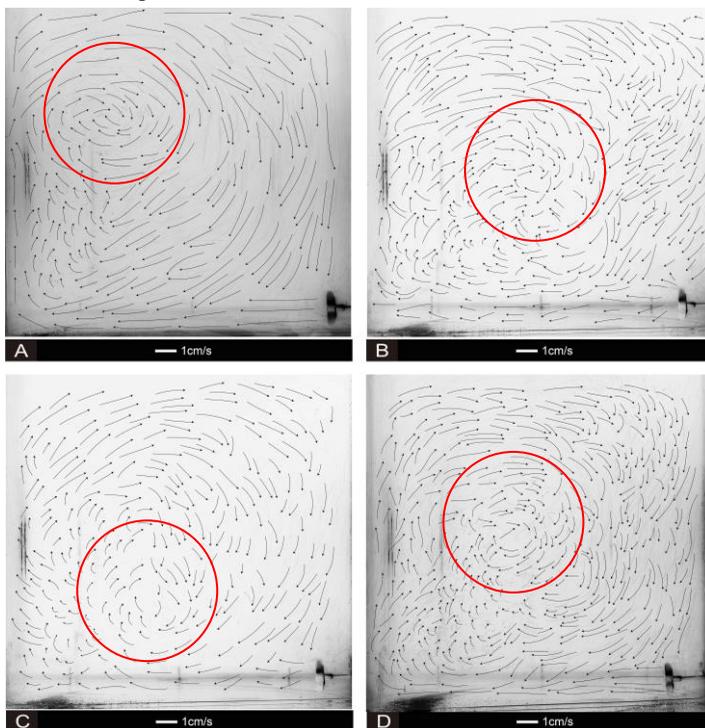
Gambar 4.34. Perbandingan pola alir propeller $d/D=0,1$; $+\beta=$ (A) 0° , (B) 5° , (C) 10° dan (D) 15° ; $N=200$ rpm

Pola aliran *one loop circulation* pada dilihat pada gambar diatas, Setelah *discharge stream* bergerak lurus dari impeller menuju dasar tangki kemudian menyebar dan naik menuju permukaan liquid setelah menabrak dinding tangki, aliran yang naik ke permukaan liquid kembali menuju impeller. Dan pusaran aliran terbentuk pada saat sudut masuk impeller (A) 0° yang teletak di dekat permukaan liquid.



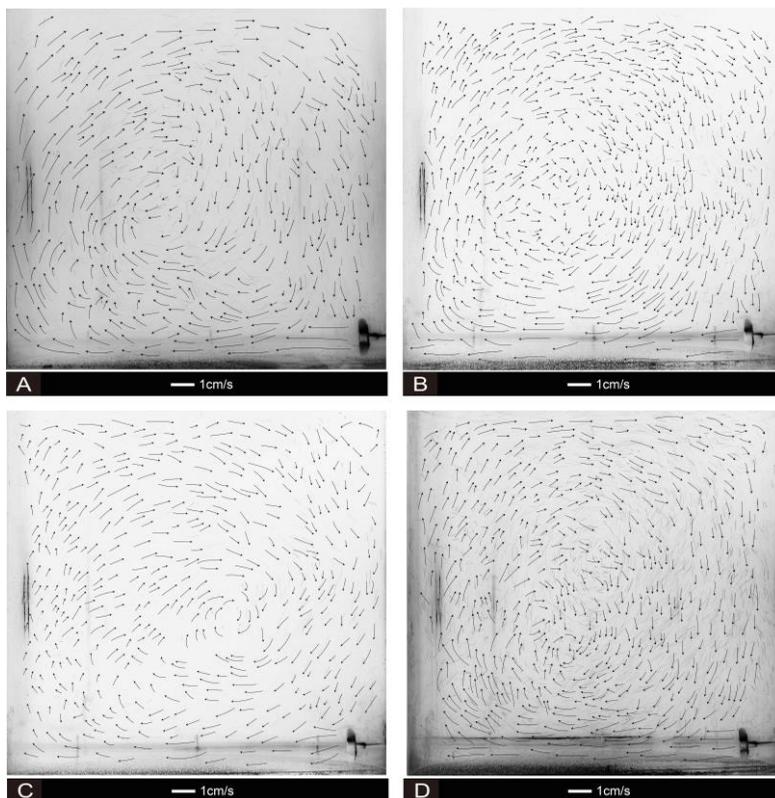
Gambar 4.35. Perbandingan pola alir propeller $d/D=0,1$; $+\beta=$ (A) 0° , (B) 5° , (C) 10° dan (D) 15° ; $N=300$ rpm

Pusaran aliran juga terlihat pada kecepatan putar impeller 300 rpm dengan sudut masuk imepller 10° dan (D) 15° . pola alir *quick return flow* dapat dilihat ketika sudut masuk impeller (C) 10° dimana aliran dari discharge impeller menuju dinding, kemudian sebagian kecil dari aliran menuju ke daerah tengah tangki, sebagian yang lain bersirkulasi dalam tangki yang kemudian dalam waktu singkat menuju ke daerah impeller lagi sehingga pola yang ditunjukkan seragam menuju impeller. Sedangkan untuk sudut masuk impeller (A) 0° , (B) 5° dan (D) 15° adalah *one loop circulation*.



Gambar 4.36. Perbandingan pola alir propeller $d/d=0,1$; $+\beta=$ (A) 0° , (B) 5° , (C) 10° dan (D) 15° ; $N=400$ rpm

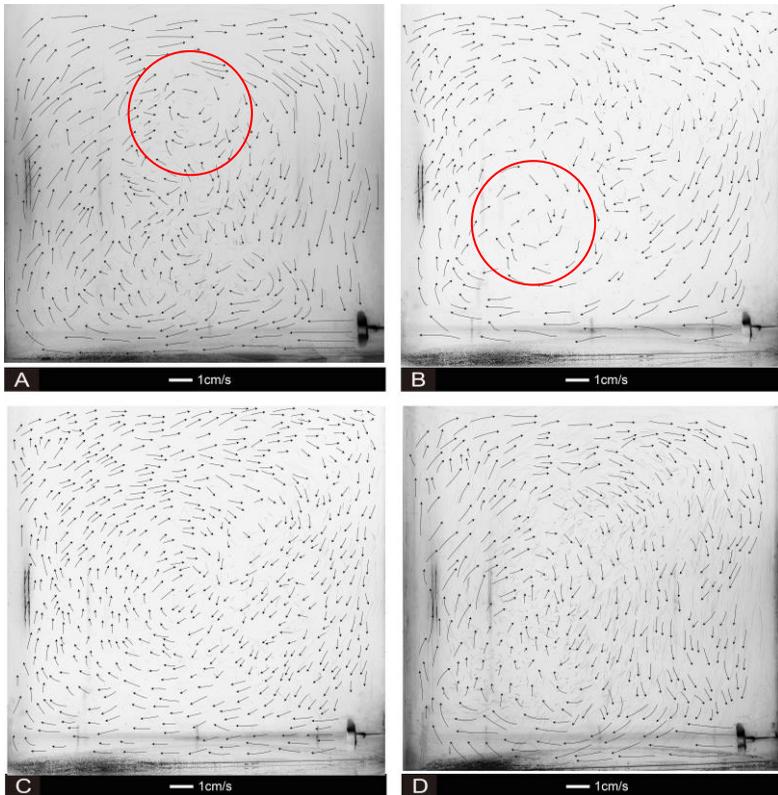
Dengan kecepatan putar 400 rpm semua pola aliran menunjukkan *one loop circulation* dan terdapat pusaran aliran disetiap variasi sudut yang diberikan tetapi memiliki ukuran kecil.



Gambar 4.37. Perbandingan pola alir propeller $d/D=0,1$; $-\beta=$ (A) 0° , (B) 5° , (C) 10° dan (D) 15° ; $N=100$ rpm

Pusaran aliran hanya terjadi pada sudut masuk impeller (C) 10° . Pola aliran yang terjadi memiliki kecenderungan *quick return flow* pada setiap sudut yang diberikan. dimana aliran dari discharge impeller menuju dinding, kemudian sebagian kecil dari

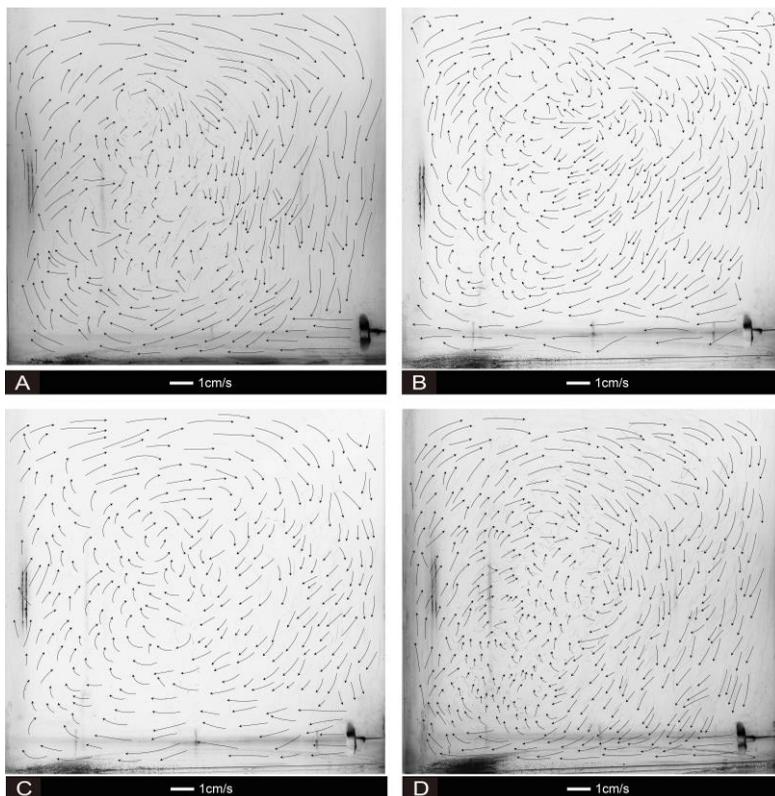
aliran menuju ke daerah tengah tangki, sebagian yang lain bersirkulasi dalam tangki yang kemudian dalam waktu singkat menuju ke daerah impeller lagi sehingga pola yang ditunjukkan seragam menuju impeller. Sedangkan untuk sudut masuk impeller (A) 0° , (B) 5° dan (D) 15° adalah *one loop circulation*.



Gambar 4.38. Perbandingan pola alir propeller $d/D=0,1$; $-\beta=$ (A) 0° , (B) 5° , (C) 10° dan (D) 15° ; $N=200$ rpm

Terdapat 2 tipe pola alir yaitu *one loop circulation* untuk sudut masuk impeller A) 0° , dan (B) 5° dengan pusaran aliran

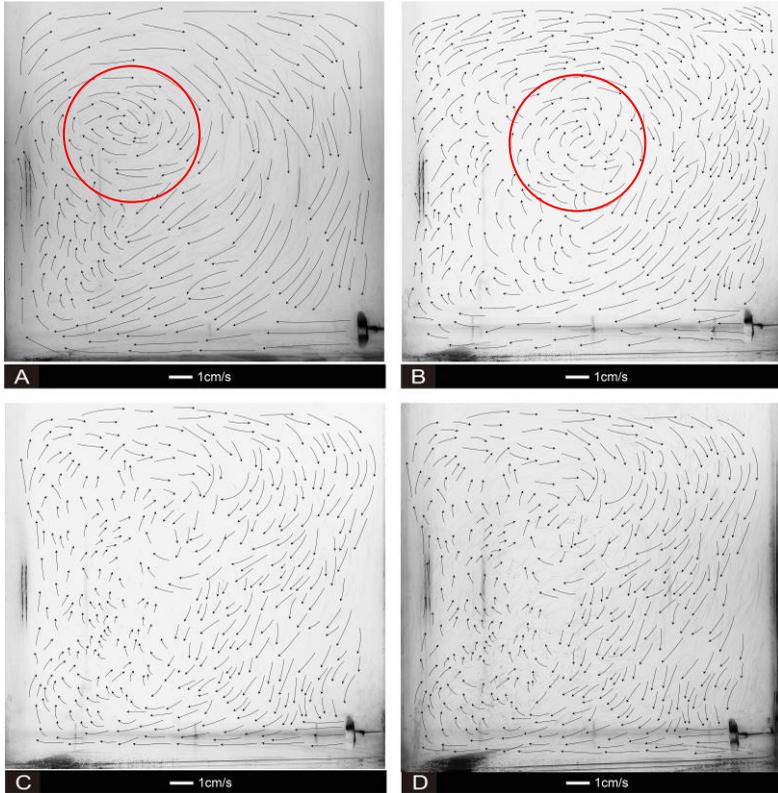
yang letaknya berbeda dan *quick return flow* untuk sudut masuk impeller (C) 10° Dan (D) 15° .



Gambar 4.39. Perbandingan pola alir propeller $d/D=0,1$; $-\beta=$ (A) 0° , (B) 5° , (C) 10° dan (D) 15° ; $N=300$ rpm

Pada kecepatan putar impeller 300 rpm pola alir yang terjadi yaitu *one loop circulation*. Setelah *discharge stream* bergerak lurus dari impeller menuju dasar tangki kemudian menyebar dan naik menuju permukaan liquid setelah menabrak

dinding tangki, aliran yang naik ke permukaan liquid kembali menuju impeller.



Gambar 4.40. Perbandingan pola alir propeller $d/D=0,1$; $-\beta=$ (A) 0° , (B) 5° , (C) 10° dan (D) 15° ; $N=400$ rpm

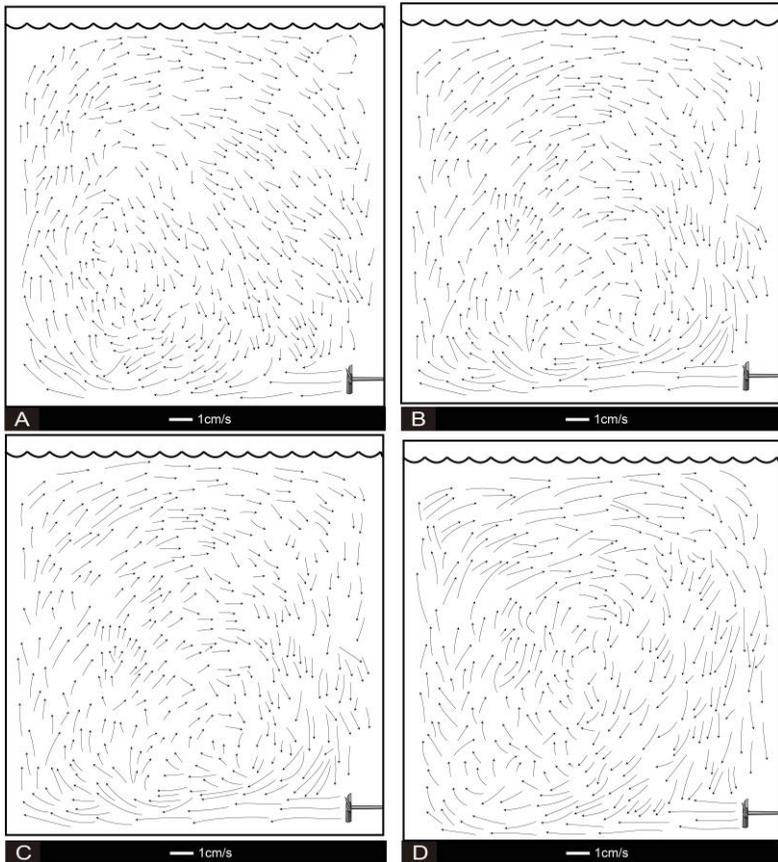
Dengan kecepatan putar impeller 400 rpm letak pusaran aliran berada dekat permukaan liquid, seperti yang dilihat pada gambar diatas. Yang berarti dengan semakin cepatnya variabel speed motor, letak pusaran aliran menjadi berada didekat permukaan liquid.

Pola aliran aliran yang terjadi adalah *one loop circulation*. Setelah *discharge stream* bergerak lurus dari impeller menuju dasar tangki kemudian menyebar dan naik menuju permukaan liquid setelah menabrak dinding tangki, aliran yang naik ke permukaan liquid kembali menuju impeller. Secara umum pola aliran impeller propeller menimbulkan aliran aksial, arus aliran meninggalkan impeller secara kontinyu melewati fluida ke satu arah tertentu sampai dibelokkan oleh dinding atau dasar tangki. Pernyataan tersebut telah sesuai dengan penelitian yang ditunjukkan pada **Gambar 4.33** sampai **Gambar 4.40**.

4.3 Pengaruh Kecepatan Putar Impeller Terhadap Pola Alir

Selain jenis impeller, posisi masuk impeller, dan ukuran impeller, setiap kecepatan putar impeller yang diberikan, akan memberikan pengaruh terhadap perubahan pola alir yang terjadi. Perubahan pola alir tersebut, terlihat jelas pada letak *circulation core* atau inti dari sirkulasi. Streamline dari fenomena tersebut dapat dilihat dari gambar berikut :

Inclined Blade Turbine 4-Daun Diameter 3 cm



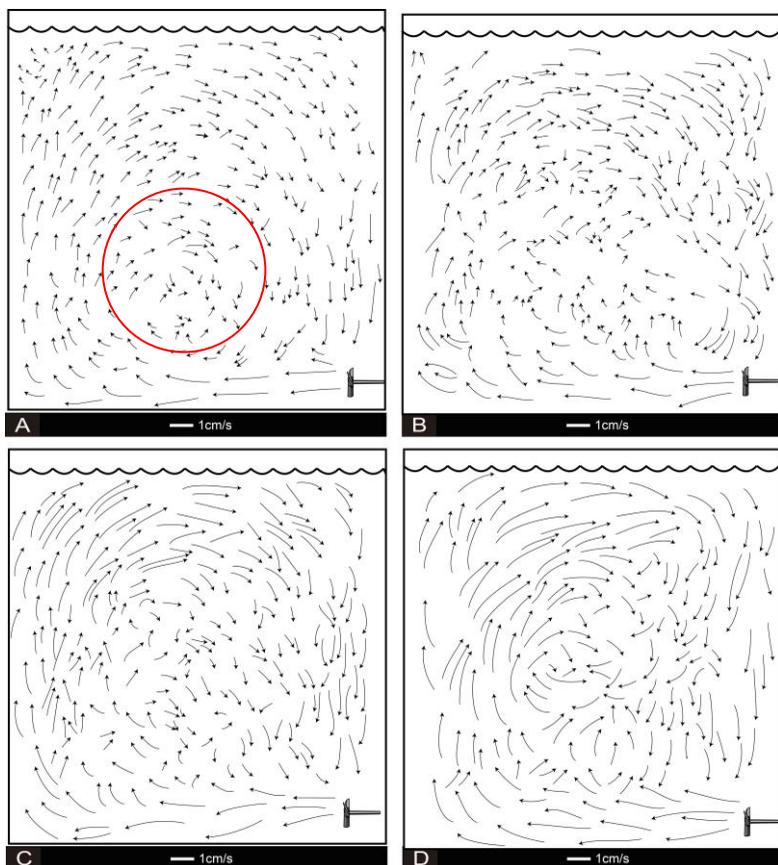
Gambar 4.41 Pola alir inclined blade turbine $d/D=0,075$; $\beta= 0^\circ$; $N=(A)$ 100 (B) 200 (C) 300 dan (D) 400 rpm

Untuk sudut 0° , pada impeller jenis IBT dengan diameter 3 cm secara umum pada kecepatan 100, 200, dan 300 rpm masih menunjukkan daerah stagnan di dekat permukaan dan dinding seperti yang terlihat pada **Gambar 4.41** (A), (B) dan (C).

Sedangkan pada kecepatan 400 rpm, sudah tidak terlihat adanya daerah stagnan. Hal ini terlihat perbedaan yang jelas pada profil distribusi streamline antara kecepatan putar 100-300 rpm dan 400 rpm. Pada kecepatan 100-300 rpm, setelah dari discharge, kecepatan mulai menurun ketika menabrak dinding, kemudian menuju dekat permukaan. Sebagian bersirkulasi menuju impeller kembali sedangkan yang lainnya stagnan di permukaan. Hal ini dikarenakan kecepatan discharge yang dihasilkan pada kecepatan putar rendah tidak mampu menjangkau sampai ke permukaan, sehingga muncul daerah stagnan pada daerah tersebut.

Akan tetapi yang menarik diamati yaitu terjadinya letak *circulation flow* yang berbeda pada perubahan kecepatan putar yang diberikan. Secara umum pada kecepatan 100-300 rpm, terlihat *circulation flow* berada di dekat dinding dan dasar tangki. Pada kecepatan tersebut, terlihat setelah dari daerah discharge ada sebagian yang naik menuju ke permukaan kemudian kembali ke daerah impeller menuju tengah dan ada sebagian dari daerah discharge menuju dinding kemudian membentuk pusaran. Karena kecepatan discharge tidak mampu mendorong sampai ke permukaan kembali, maka aliran dari tengah langsung membentuk pusaran di dekat dinding dan dasar tangki.

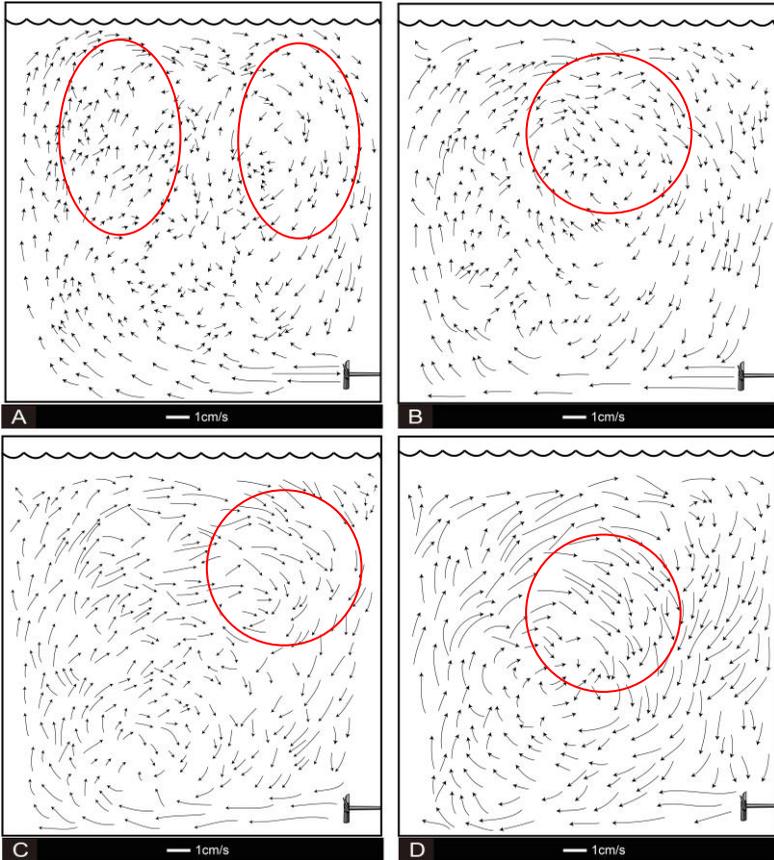
Pengaruh kecepatan putar terhadap pola yang terjadi pada sudut 0° , akan terlihat berbeda ketika diberikan variasi sudut masuk impeller. Seperti yang terlihat pada gambar berikut ini.



Gambar 4.42 Pola alir inclined blade turbine $d/D=0,075$; $+\beta= 5^\circ$;
 $N=(A) 100 (B) 200 (C) 300$ dan $(D) 400$ rpm

Pada sudut 5° arah kanan , untuk kecepatan putar 100 rpm, letak circulation flow berada di dekat dasar tangki dan menuju tengah seperti pada **Gambar 4.42** (A). Sedangkan pada peningkatan kecepatan 200-400 rpm, terlihat profil streamline tersebar merata keseluruhan tangki dan letak circulation flow berada

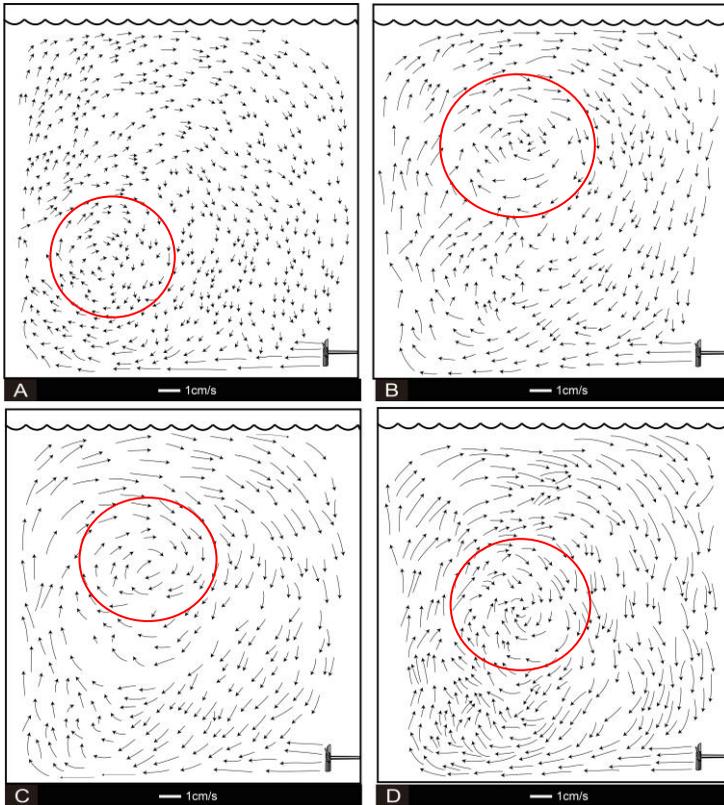
cenderung di tengah tangki. Seperti terlihat pada **Gambar 4.42** (B), (C) dan (D).



Gambar 4.43 Pola alir inclined blade turbine $d/D=0,075$; $+\beta= 10^\circ$; $N=(A) 100 (B) 200 (C) 300$ dan $(D) 400$ rpm

Berbeda yang terjadi pada sudut 10° , di kecepatan 100 rpm aliran terpecah menjadi dua. Sebagian dari impeller bergerak tidak menuju dinding tangki akan tetapi bergerak ke atas

bersirkulasi naik ke atas dekat permukaan, kemudian kembali menuju dekat impeller dan membentuk pusaran di tengah, sedangkan aliran yang lainnya dari impeller bergerak menuju dinding tangki, kemudian naik menuju atas dekat permukaan dan ketika sudah di permukaan, aliran tidak langsung menuju ke impeller akan tetapi bersirkulasi ke bawah dan membentuk pusaran. Sehingga terbentuk dua pusaran di tengah seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 4.43** (A). Ketika kecepatan di tingkatkan kecenderungan letak circulation flow semakin mendekati permukaan seperti yang terlihat pada **Gambar 4.43** (B), (C) dan (D).

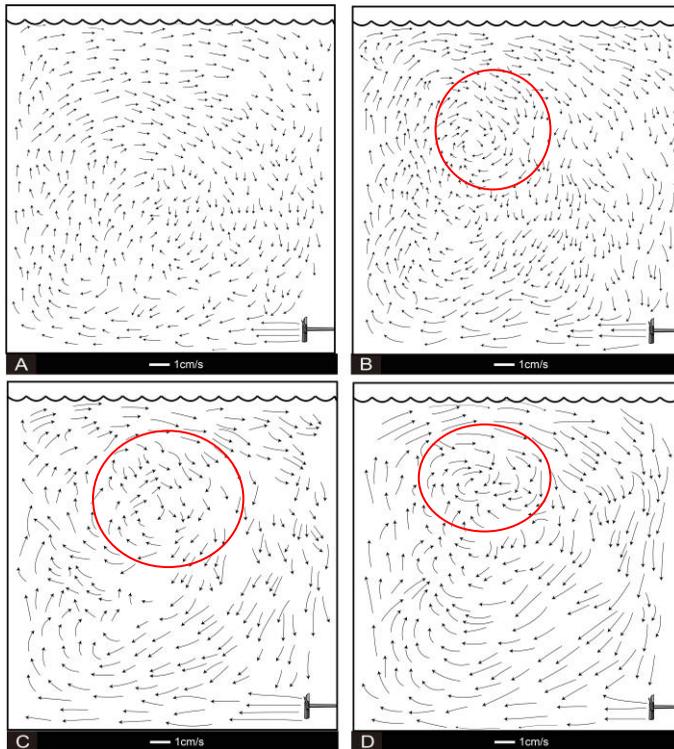


Gambar 4.44 Pola alir inclined blade turbine $d/D=0,075$; $+\beta=15^\circ$;
 $N=(A)$ 100 (B) 200 (C) 300 dan (D) 400 rpm

Berbeda pada sudut 0° dan 15° untuk kecepatan 100 rpm, letak circulation flow cenderung dekat dinding dan dasar tangki, seperti yang terlihat pada **Gambar 4.44** (A). Sedangkan pada peningkatan kecepatan putar 200- 400 rpm terlihat kecenderungan letak circulation flow berada di dekat permukaan air dan dekat dinding seperti yang terlihat pada **Gambar 4.44** (B), (C), dan (D). Akan tetapi pada kecepatan 200-300 rpm, terlihat aliran dari dekat

pemukaan menuju dinding berbelok langsung dan ikut bersirkulasi. Pada kecepatan putar impeller yang tinggi mengakibatkan daerah atas dekat impeller tidak terjangkau pengadukan, karena terlalu cepat aliran dari dinding ikut bersirkulasi. Seperti yang terlihat pada **Gambar 4.44** (B) dan (C).

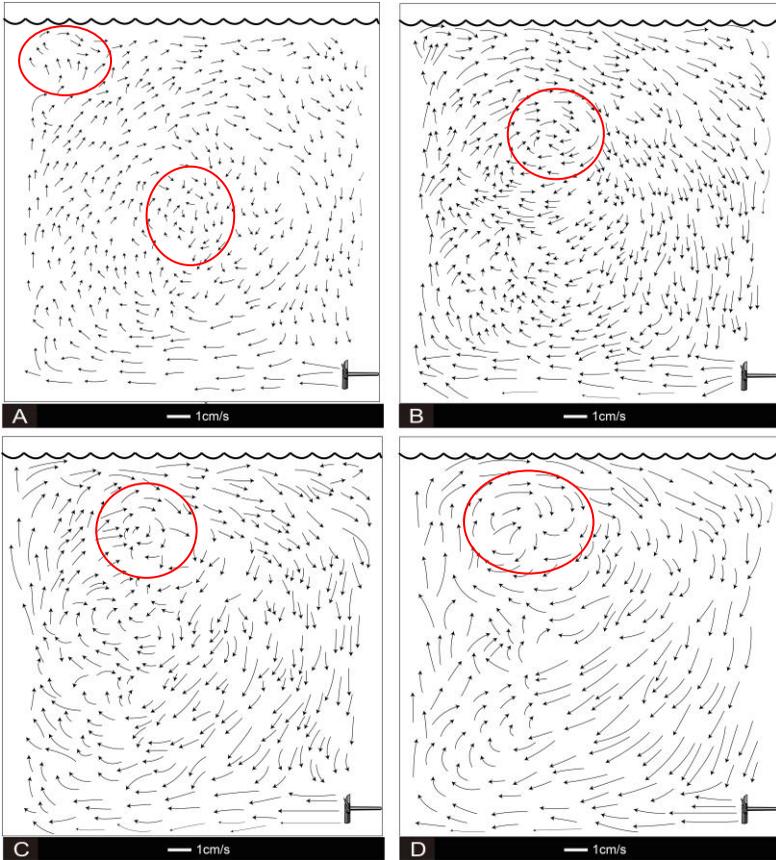
Kecenderungan yang sama terjadi jika arah sudut di rubah ke arah kiri seperti yang ditunjukkan pada gambar dibawah ini.



Gambar 4.45 Pola alir inclined blade turbine $d/D=0,075$; $-\beta=5^\circ$; $N=(A) 100 (B) 200 (C) 300$ dan $(D) 400$ rpm

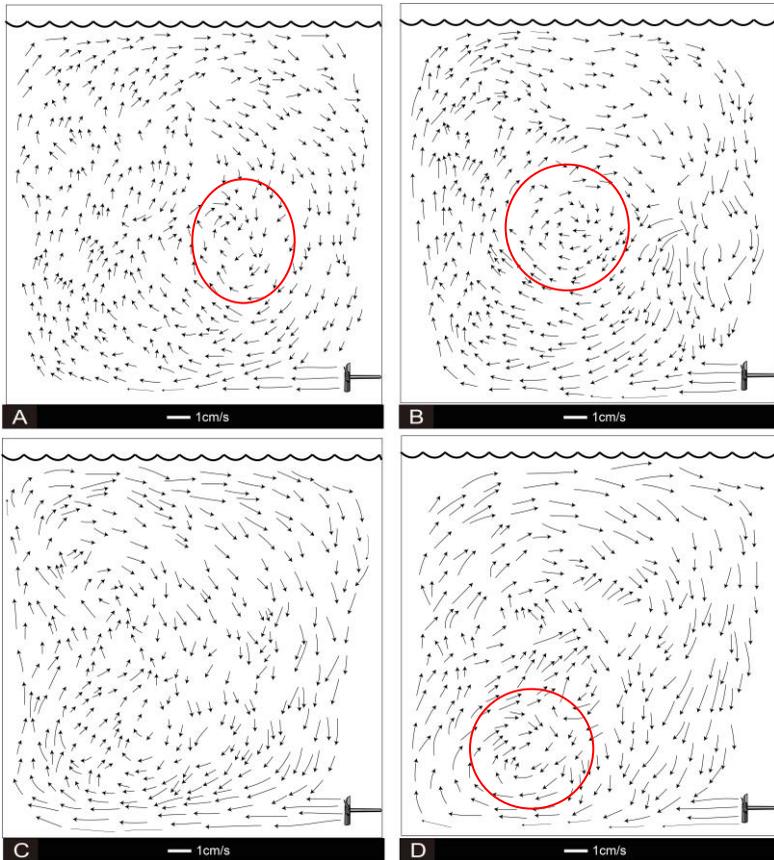
Untuk sudut 5° ke arah kiri , pada impeller jenis IBT dengan diameter 3 cm secara umum pada kecepatan 100, masih

menunjukkan daerah stagnan di dekat permukaan dan dinding serta terbentuk pusaran atau circulation flow pada tengah tangki seperti yang terlihat pada **Gambar 4.45 (A)**. Sedangkan pada peningkatan kecepatan di 200-400 rpm sudah tidak menunjukkan daerah stagnan di dekat permukaan, akan tetapi menunjukkan letak circulation flow yang semakin bergeser ke atas dekat permukaan air seperti yang terlihat pada **Gambar 4.45 (B), (C), dan (D)**.



Gambar 4.46 Pola alir inclined blade turbine $d/D=0,075$; $-\beta=10^\circ$; $N=(A) 100 (B) 200 (C) 300$ dan $(D) 400$ rpm

Kecenderungan yang sama juga terjadi pada sudut masuk impeller 10° , semakin naik kecepatan putar impeller letak *circulation flow* semakin bergeser ke atas dekat permukaan. Seperti pada **Gambar 4.46** (A), (B), (C) dan (D).



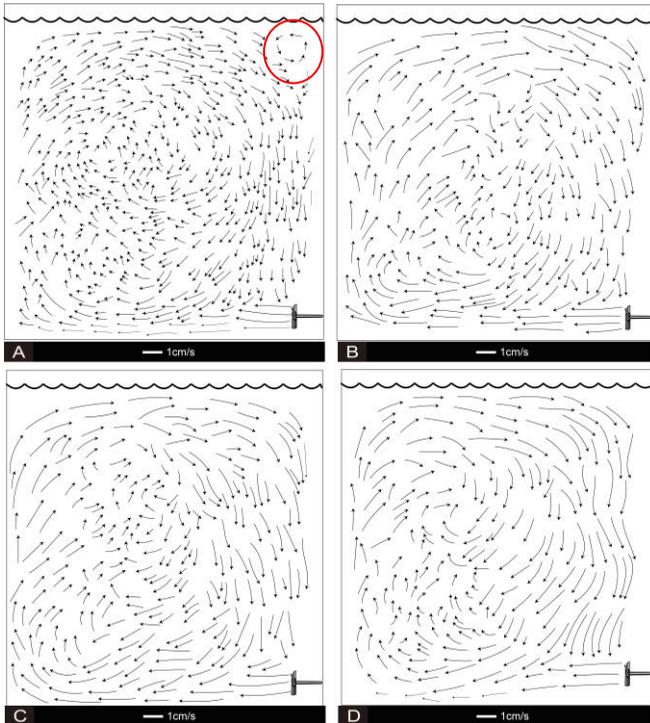
Gambar 4.47 Pola alir inclined blade turbine $d/D=0,075$; $-\beta=15^\circ$;
 $N=(A)$ 100 (B) 200 (C) 300 dan (D) 400 rpm

Hal yang berbeda terjadi pada sudut masuk 15° , daerah stagnan sudah tidak terlihat pada daerah dekat permukaan. Letak *circulation flow* pada sudut 15° pada kecepatan 100-200 rpm cenderung terletak di tengah tangki seperti yang terlihat pada **gambar 4.47** (A), (B). Sedangkan pada kecepatan 300-400 rpm

letak circulation flow terletak dekat dasar dan dinding tangki seperti yang terlihat pada gambar 4.47 (C) dan (D).

Inclined Blade Turbine 4-Daun Diameter 4 cm

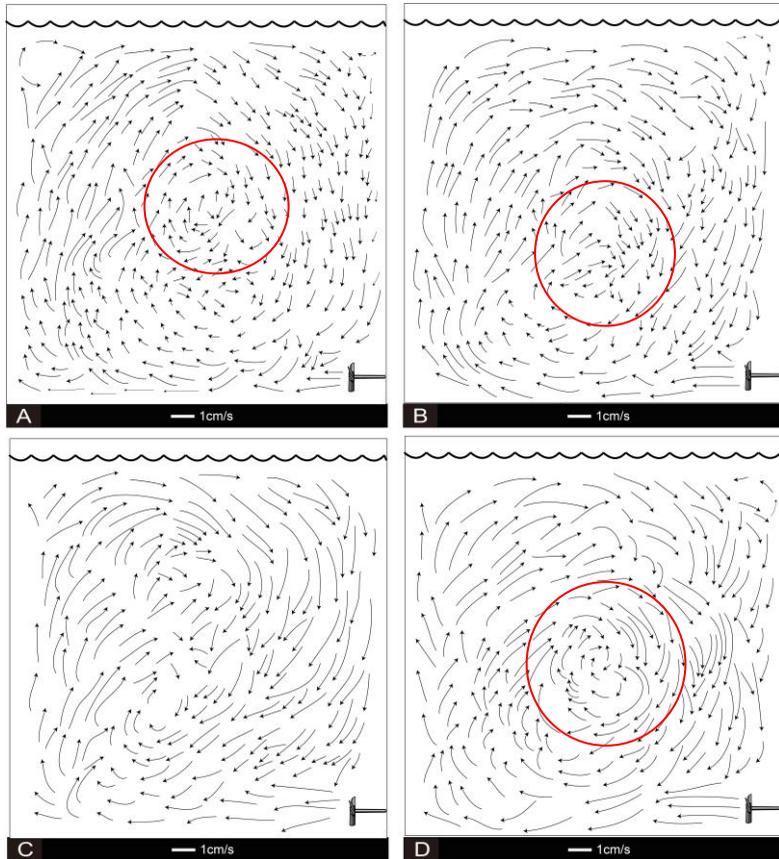
Pengaruh kecepatan putar impeller akan terlihat berbeda ketika ukuran diameter ditingkatkan. Fenomena perubahan pola alir tersebut akan dijelaskan pada gambar berikut ini.



Gambar 4.48 Pola alir inclined blade turbine $d/D=0,1$; $\beta=0^\circ$; $N=(A) 100 (B) 200 (C) 300$ dan $(D) 400$ rpm

Pada sudut 0° pada kecepatan 100 rpm profil streamline terlihat tersebar merata ke seluruh tangki dengan kecepatan yang

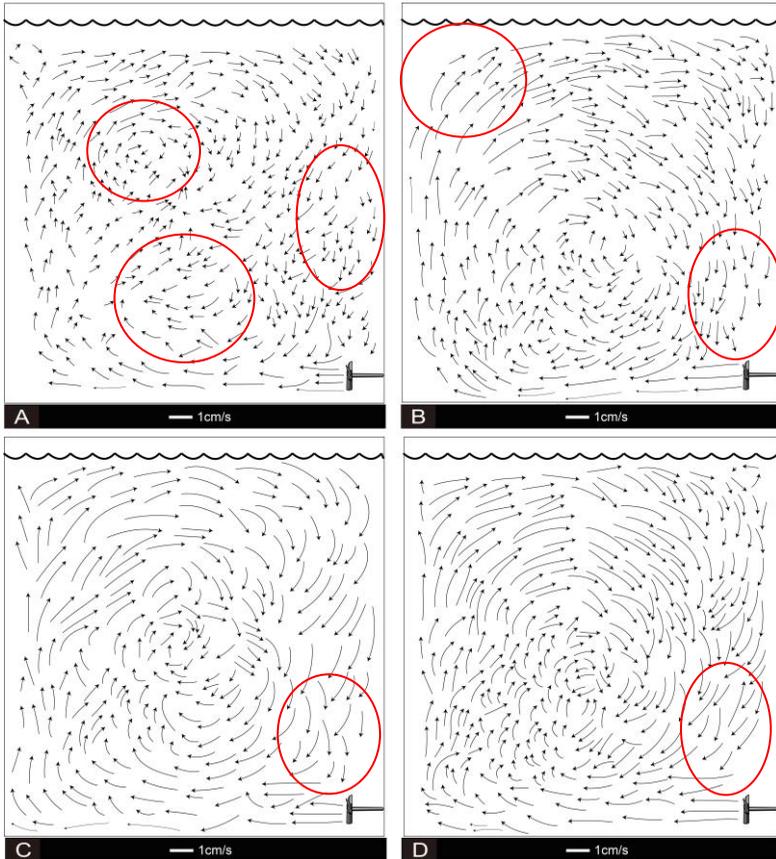
rendah, meskipun ada beberapa daerah stagnan yang masih terlihat di dekat permukaan. Aliran dari discharge impeller menuju dinding tangki sebagian berbelok menuju tengah tangki sedangkan sebagian lagi menuju dekat permukaan menuju bawah. Karena kecepatan pada dekat permukaan tidak mampu untuk melawan aliran axial dari discharge impeller, aliran dari permukaan menuju kebawah berbelok membentuk pusaran di tengah tangki. Sebagian aliran menuju kembali impeller dan ikut menuju pusaran (*circulation flow*). Seperti yang terlihat pada **gambar 4.48** (A) . Terlihat sama pada kecepatan 200-400 rpm seperti pada **gambar 4.48** (B), (C), dan (D).



Gambar 4.49 Pola alir inclined blade turbine $d/D=0,1$; $+\beta=5^\circ$;
 $N=(A)$ 100 (B) 200 (C) 300 dan (D) 400 rpm

Pada sudut 5° arah kanan kecepatan 100 rpm, masih terlihat adanya daerah stagnan di dekat permukaan. Sedangkan *ciculation flow* pada kecepatan 200, 300 dan 400 rpm mempunyai kecenderungan berada pada dekat permukaan. Terlihat pada kecepatan putar tersebut, profil streamline dengan kecepatan rendah terkonsentrasi di dekat dasar tangki sedangkan aliran yang

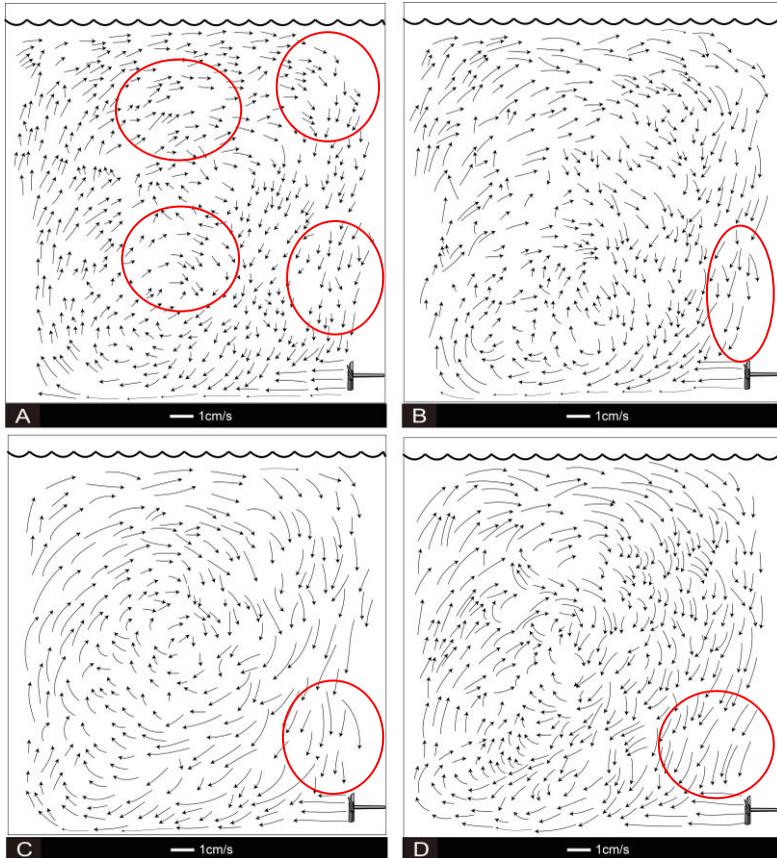
dari permukaan menuju kembali ke impeller menunjukkan profil streamline dengan kecepatan yang tinggi. Seperti yang terlihat pada **Gambar 4.49** (B), (C), dan (D).



Gambar 4.50 Pola alir inclined blade turbine $d/D=0,1$; $+\beta=10^\circ$;
 $N=(A) 100 (B) 200 (C) 300$ dan $(D) 400$ rpm

Sedangkan pada sudut masuk impeller 10° , pada kecepatan 100 rpm aliran dari discharge impeller menuju dinding

kemudian bergerak keatas. Aliran dengan kecepatan rendah tidak mampu terdorong sampai ke permukaan berbelok membentuk *circulation flow* dekat dinding, Sedangkan sebagian aliran bergerak menuju ke atas dekat permukaan kemudian sebelum kembali ke impeller, aliran berbelok membentuk *circulation flow*. Aliran dari dinding tangki tidak menuju impeller terlebih dulu akan tetapi langsung ikut bersirkulasi, sehingga menimbulkan daerah yang tidak terjangkau pengadukan di atas impeller. Seperti yang terlihat pada **Gambar 4.50 (A)**. Sedangkan pada kecepatan 200 rpm, aliran dekat permukaan sebelah kiri terlihat daerah yang tidak terjangkau pengadukan . Aliran dari discharge menuju dinding tangki bergerak ke atas langsung berbelok menuju dinding sebelah kanan dan kemudian kembali menuju impeller. Seperti pada **Gambar 4.50 (B)**. Sedangkan pada peningkatan kecepatan di 400 rpm, aliran dari dinding tangki tidak menuju impeller terlebih dulu akan tetapi langsung ikut bersirkulasi, sehingga menimbulkan daerah yang tidak terjangkau pengadukan di atas impeller. Seperti yang terlihat pada **Gambar 4.50 (D)**.

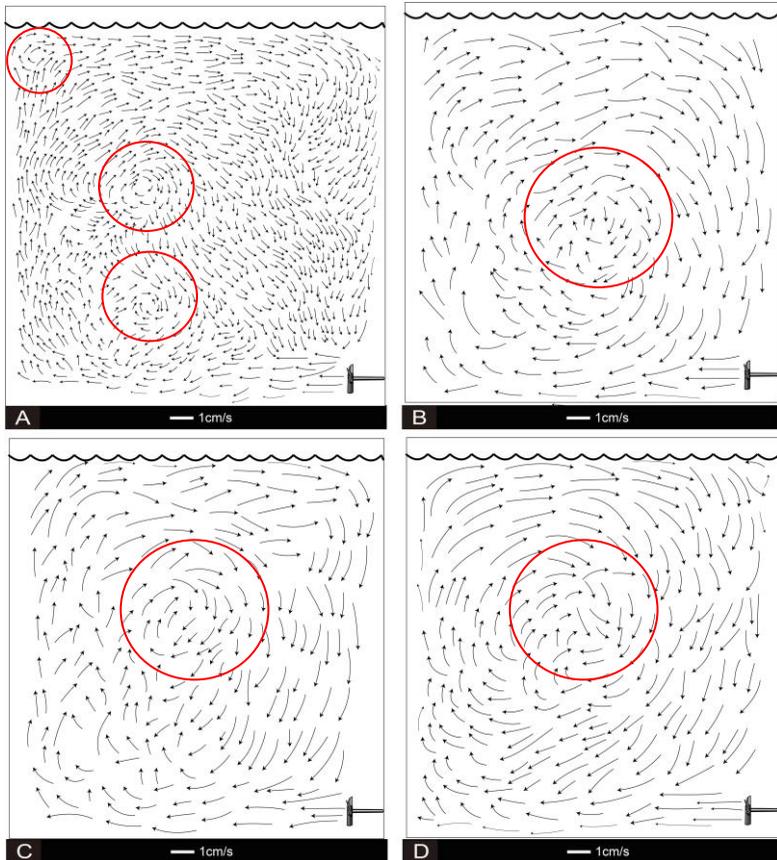


Gambar 4.51 Pola alir inclined blade turbine $d/D=0,1$; $+\beta=15^\circ$;
 $N=(A)$ 100 (B) 200 (C) 300 dan (D) 400 rpm

Sedangkan pada sudut masuk impeller 15° , pada kecepatan 100 rpm aliran dari discharge impeller menuju dinding kemudian bergerak keatas. Aliran dengan kecepatan rendah tidak mampu terdorong sampai ke permukaan berbelok membentuk *circulation flow* dekat dinding. Sedangkan sebagian aliran bergerak menuju ke atas dekat permukaan kemudian sebelum

kembali ke impeller, aliran berbelok membentuk *circulation flow*. Aliran dari dinding tangki tidak menuju impeller terlebih dulu akan tetapi langsung ikut bersirkulasi, sehingga menimbulkan daerah yang tidak terjangkau pengadukan di atas impeller. Terlihat daerah yang tidak terjangkau oleh pengadukan di dekat permukaan dan dekat dinding sebelah kanan serta di daerah atas impeller. Seperti yang terlihat pada **Gambar 4.51** (A). Sedangkan pada peningkatan kecepatan putar di 200-400 rpm, aliran dari dinding tangki tidak menuju impeller terlebih dulu akan tetapi langsung ikut bersirkulasi, sehingga menimbulkan daerah yang tidak terjangkau pengadukan di atas impeller. Seperti yang terlihat pada **Gambar 4.51** (B), (C), (D).

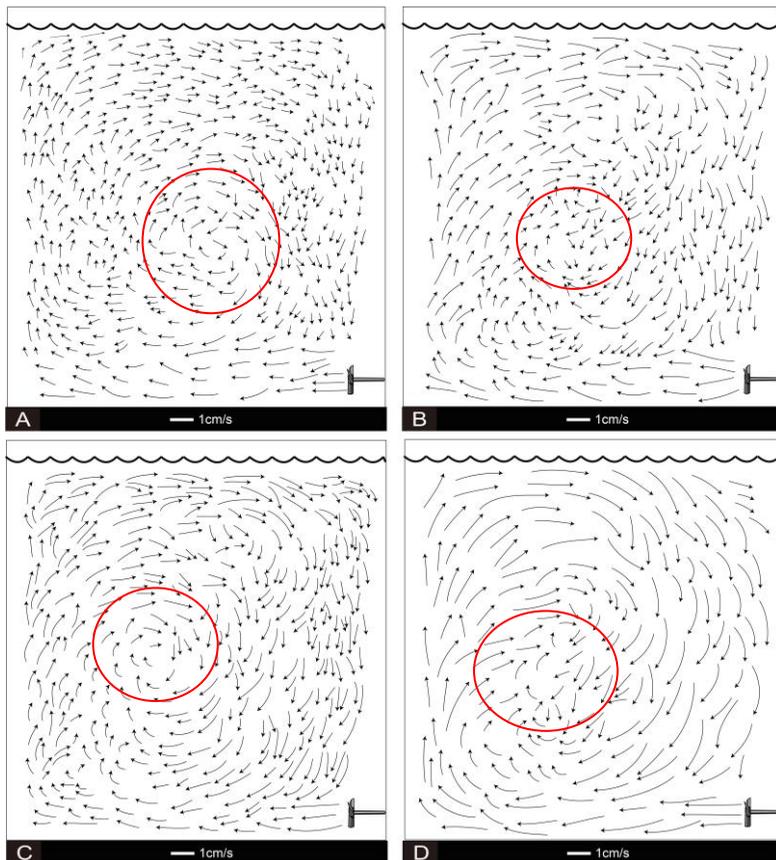
Sedangkan jika arah sudut dirubah ke arah kiri, akan terlihat fenomena yang berbeda .



Gambar 4.52 Pola alir inclined blade turbine $d/D=0,1$; $-\beta=5^\circ$; $N=(A)$ 100 (B) 200 (C) 300 dan (D) 400 rpm

Pada kecepatan 100 rpm, sudut 5° arah kiri menunjukkan profil aliran yang hampir ditemukannya *circulation flow* di beberapa titik yaitu di dekat dasar, tengah dan dekat permukaan air. Seperti pada **Gambar 4.52** (A). Sedangkan pada kecepatan 200-400 rpm profil aliran terlihat seragam tersebar ke seluruh

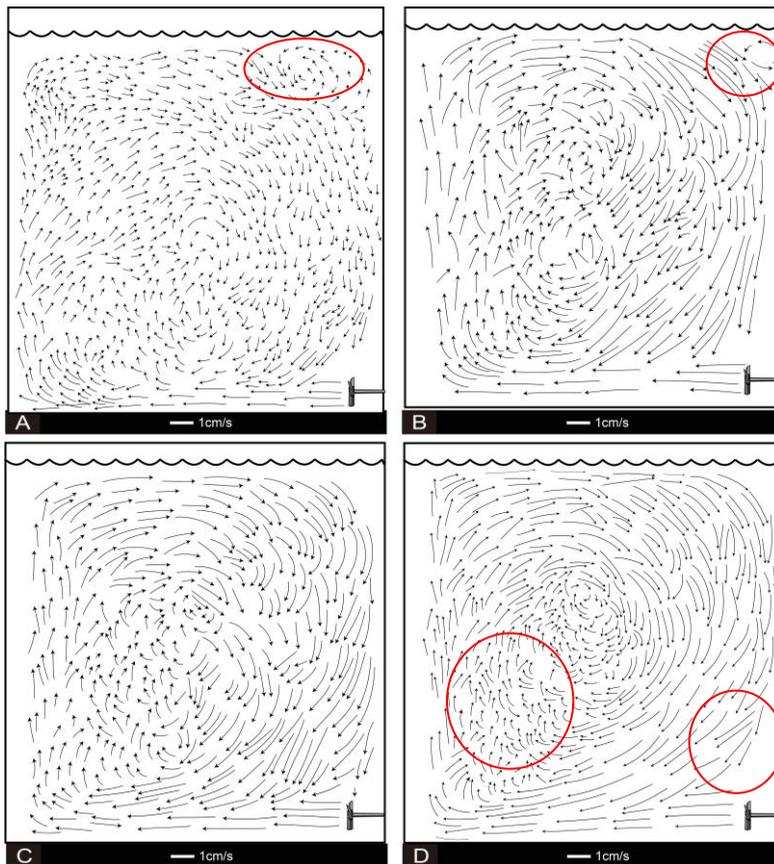
tangki. Daerah circulation flow terlihat di tengah tangki, seperti pada **Gambar 4.52** (B), (C), dan (D).



Gambar 4.53 Pola alir inclined blade turbine $d/D=0,1$; $-\beta=10^\circ$; $N=(A) 100$ (B) 200 (C) 300 dan (D) 400 rpm

Secara umum pada peningkatan kecepatan putar menunjukkan letak circulation flow yang berbeda. Semakin naik

kecepatan putar impeller, latak circulation flow akan berada tengah tangki, seperti yang terlihat pada **Gambar 4.53** .



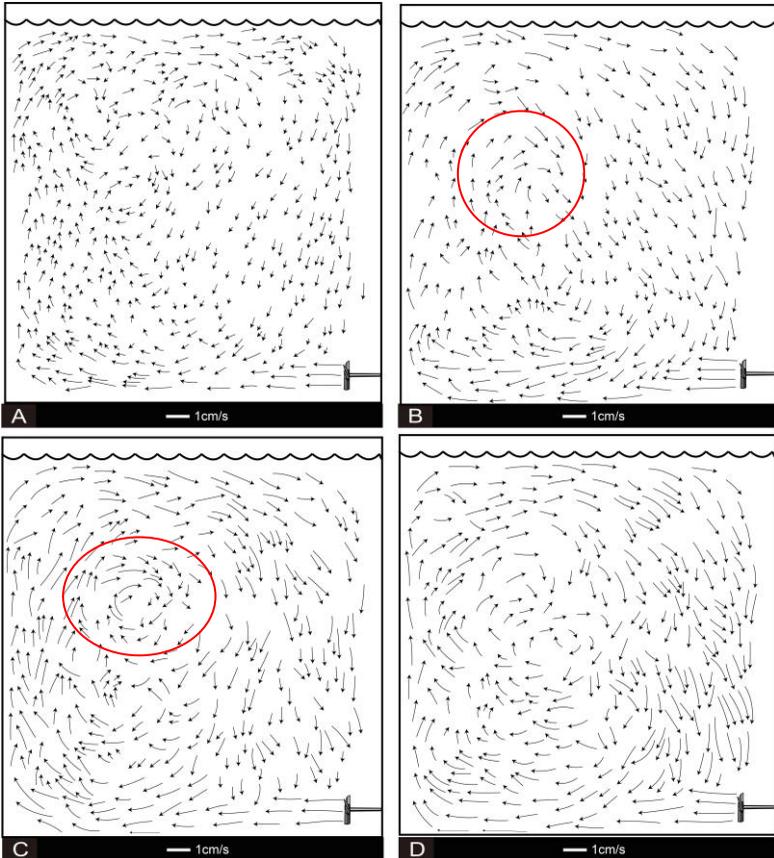
Gambar 4.54 Pola alir inclined blade turbine $d/D=0,1$; $-\beta=15^\circ$; $N=(A) 100 (B) 200 (C) 300$ dan $(D) 400$ rpm

Profil aliran yang nampak signifikan terjadi pada kecepatan 400 rpm. Terlihat daerah dari discharge menuju dinding tangki mengalami penurunan kecepatan dan cenderung

kecepatan rendah terkonsentrasi di dasar , dinding sebelah kiri dan tengah tangki. Sedangkan setelah aliran bergerak dari permukaan, kecepatan naik dengan cepat menuju impeller dan cepat ikut dalam sirkulasi. Hal ini menimbulkan daerah atas dekat impeller tidak terjangkau pengadukan. Seperti yang terlihat pada **Gambar 4.54 (D)**.

Propeller 3-Daun Diameter 3 cm

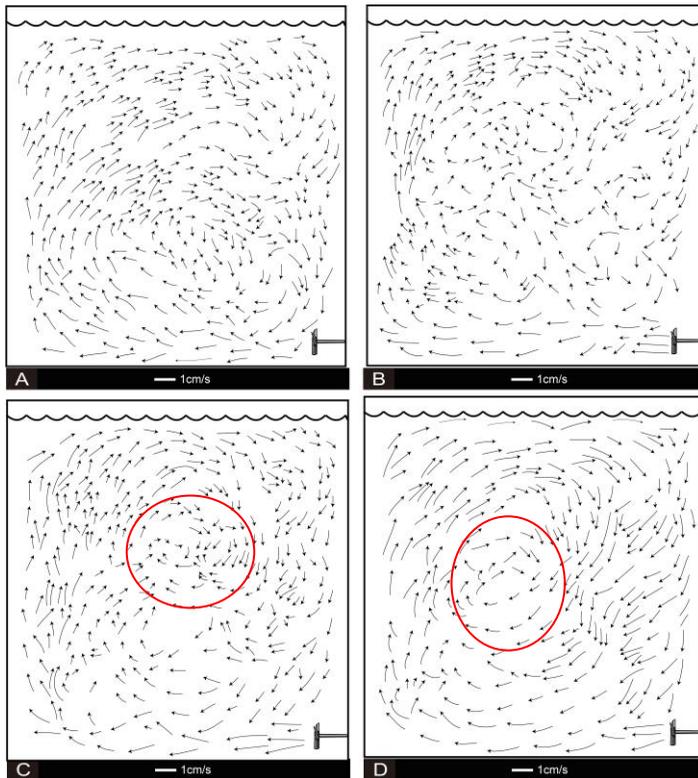
Sedangkan pada jenis impeller yang berbeda, yaitu propeller 3-daun pada sudut 0° menunjukkan fenomena yang sedikit berbeda dengan impeller IBT pada sudut yang sama dikecepatan 200-300 rpm seperti gambar dibawah ini.



Gambar 4.55 Pola alir propeller $d/D=0,075$; $\beta=0^\circ$; $N=(A)$ 100 (B) 200 (C) 300 dan (D) 400 rpm

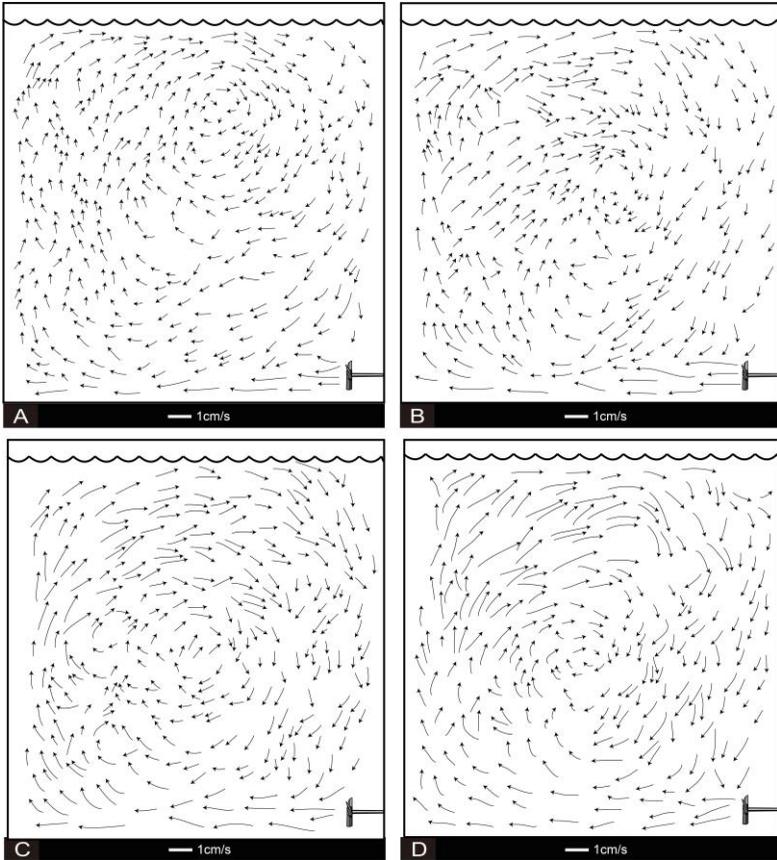
Dimana pada propeller dengan kecepatan putar impeller 200-300 rpm *circulation flow* sudah berada di dekat permukaan dan dinding tangki. Sebagian aliran dari impeller menabrak dinding tangki kemudian naik menuju ke permukaan, karena kecepatan mulai menurun, sehingga tidak mampu melawan arah axial dari discharge, kemudian aliran belum sampai menuju

impeller sudah membentuk sirkulasi seperti pada **Gambar 4.55** (B), dan (C). Sedangkan pada kecepatan 100 rpm dan 400 rpm menunjukkan kecenderungan yang sama pada impeller IBT. Pada kecepatan 100 rpm masih menunjukkan daerah stagnan di dekat permukaan dan dekat dinding sedangkan pada kecepatan 400 rpm, profil streamline sudah terlihat tersebar ke seluruh daerah tangki dengan sudah tidak terlihatnya daerah stagnan dan circulation flow seperti pada **Gambar 4.55** (A) dan (D).



Gambar 4.56 Pola alir propeller $d/D=0,075$; $+\beta=5^\circ$; $N=(A)$ 100 (B) 200 (C) 300 dan (D) 400 rpm

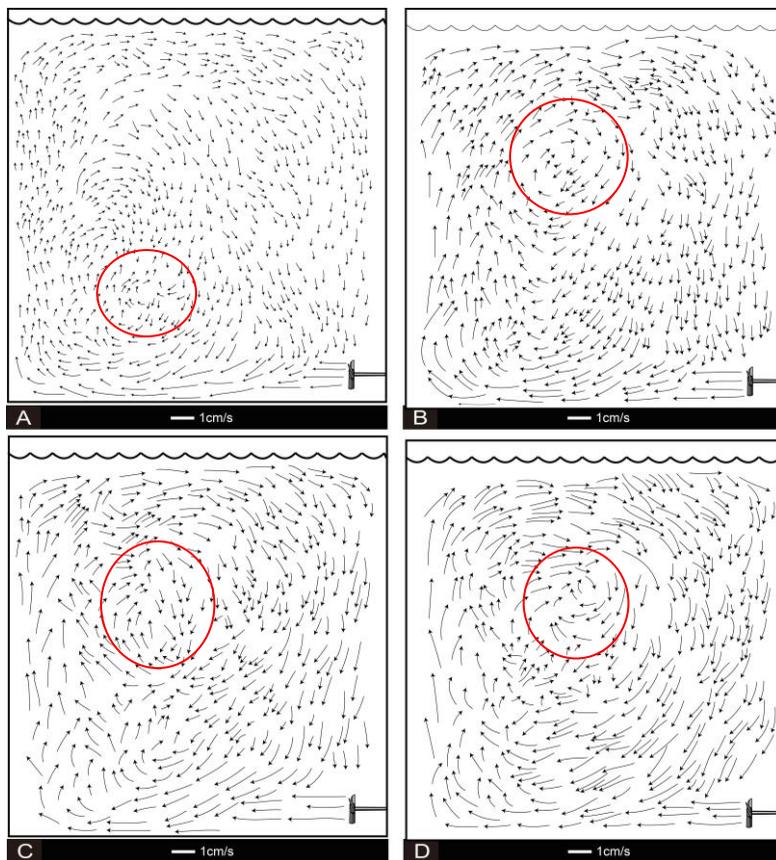
Sedangkan pada sudut 5° arah kanan, secara umum pada kecepatan 100-400 rpm sudah tidak terlihat adanya daerah stagnan di dekat permukaan. Profil streamline cenderung acak, dan terbentuknya circulation flow yang cukup banyak tersebar di tangki. Seperti pada **Gambar 4.56** (A) dan (B), pada kecepatan 100-200 aliran dari discharge menabrak dinding tangki, sebagian aliran yang belum sampai ke permukaan berbelok menuju tengah tangki membantuk pusaran sedangkan aliran yang menuju ke permukaan bergerak ke bawah menabrak dinding tangki. Sebagaimana dari aliran tersebut belok menuju pusaran dan sebagian lagi menuju impeller terlebih dahulu kemudian keatas menuju pusaran. Sehingga aliran terlihat tidak beraturan. Sedangkan pada kecepatan 300-400 rpm profil streamline sudah terlihat menuju pada satu titik yaitu menuju pusaran yang berada di tengah tangki dengan kecenderungan pola yang hampir sama yaitu dari discharge menabrak dinding tangki naik menuju dekat permukaan kemudian bergerak kembali menuju impeller dan naik membentuk pusaran di tengah tangki. Seperti yang terlihat pada **Gambar 4.56** (C) dan (D).



Gambar 4.57 Pola alir propeller $d/D=0,075$; $+\beta=10^\circ$; $N=(A)$ 100 (B) 200 (C) 300 dan (D) 400 rpm

Pada sudut 10° arah kanan mempunyai fenomena yang cenderung berbeda dengan yang sudah dibahas sebelumnya, dimana semakin naik kecepatan putar impeller, letak circulation flow akan berada semakin ke atas dan dekat permukaan. Sedangkan pada sudut 10° arah kanan pada propeller, pada kecepatan 100 rpm letak *circulation flow* sudah terbentuk di

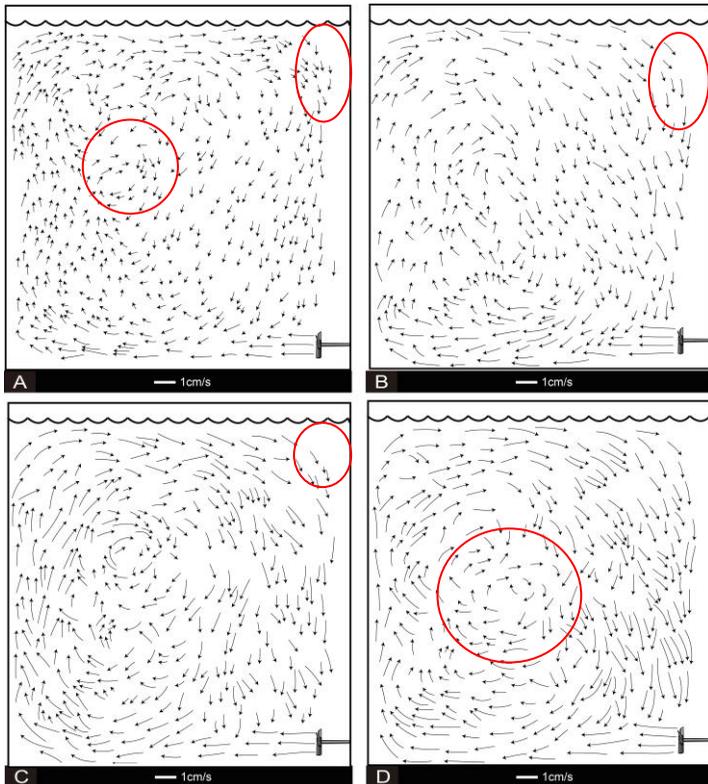
tengah dekat permukaan seperti yang terlihat pada **Gambar 4.57** (A). Sedangkan pada peningkatan kecepatan putar di 200- 400 rpm, letak dari circulation flow bergeser kebawah di tengah tangki seperti yang terlihat pada **Gambar 4.57** (B), (C) dan (D).



Gambar 4.58 Pola alir propeller $d/D=0,075$; $+\beta=15^\circ$; $N=(A)$ 100 (B) 200 (C) 300 dan (D) 400 rpm

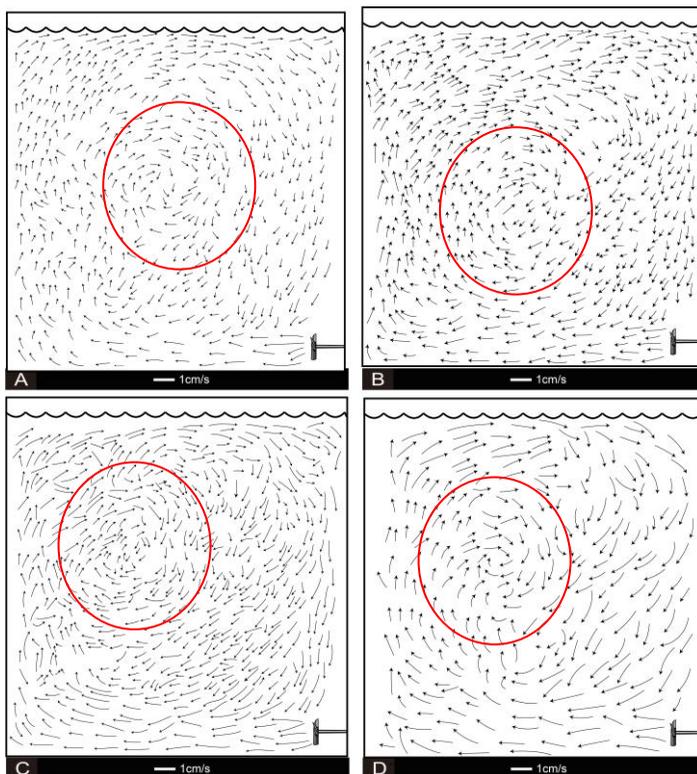
Sedangkan pada sudut 15° arah kanan pada kecepatan 100 rpm masih menunjukkan kecenderungan daerah circulation flow yang berada dekat dasar dan dinding tangki seperti yang terlihat pada **Gambar 4.58** (A). Pada peningkatan kecepatan putar impeller di 200-400 rpm letak circulation flow cenderung bergeser lebih ke atas berada di tengah tangki seperti yang terlihat pada **Gambar 4.58** (B),(C), dan (D).

Kecenderungan yang sama terjadi jika arah sudut di rubah ke arah kiri seperti yang ditunjukkan pada gambar dibawah ini.



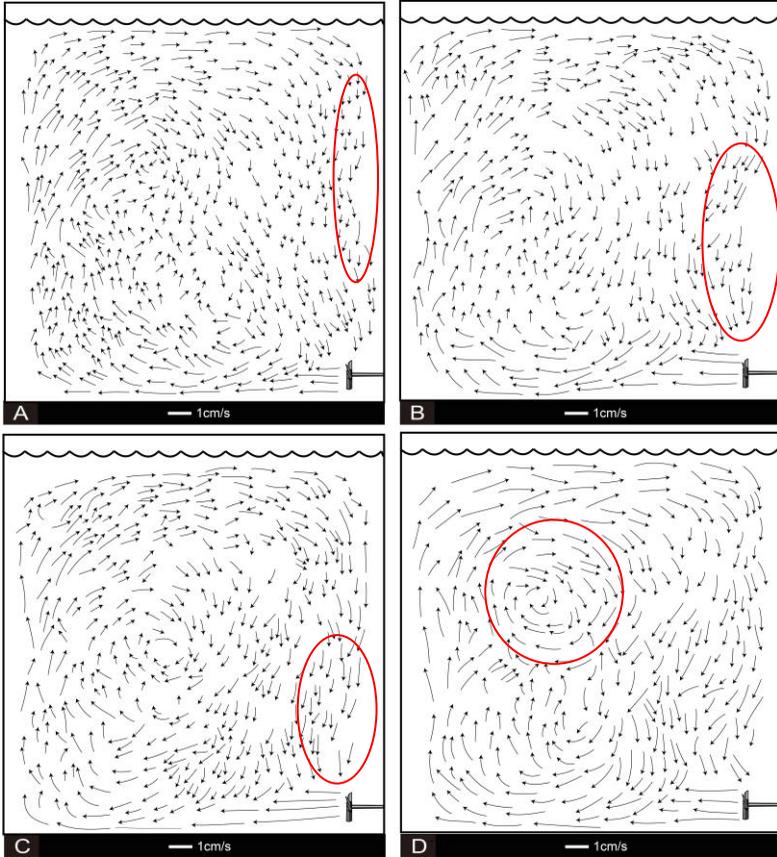
Gambar 4.59 Pola alir propeller $d/D=0,075$; $-\beta=5^\circ$; $N=(A)$ 100 (B) 200 (C) 300 dan (D) 400 rpm

Secara umum pada peningkatan kecepatan putar 100-400 rpm, menunjukkan letak circulation flow yang berbeda seperti yang telah dijelaskan sebelumnya. Akan tetapi masih terbentuk adanya daerah stagnan di dekat permukaan. Sedangkan pada daerah atas impeller terlihat sedikit daerah yang tidak terjangkau pengadukan meskipun di berikan kecepatan putar pada 400 rpm. Seperti pada **Gambar 4.59 (D)**.



Gambar 4.60 Pola alir propeller $d/D=0,075$; $-\beta=10^\circ$; $N=(A)$ 100 (B) 200 (C) 300 dan (D) 400 rpm

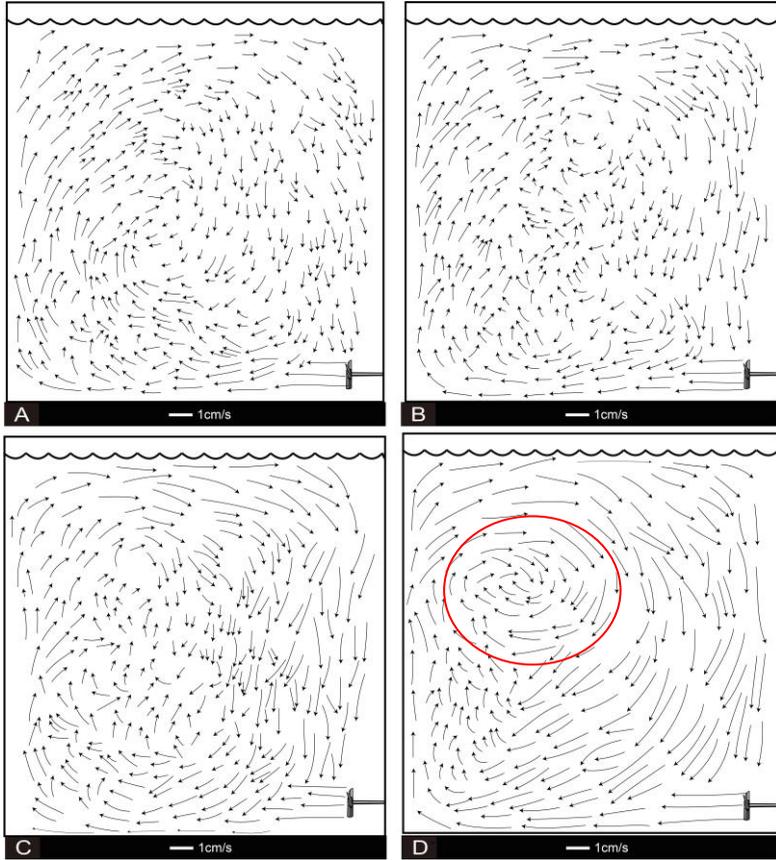
Secara umum pada peningkatan kecepatan putar impeller di 100-400 rpm, letak *circulation flow* cenderung berada di tengah tangki, dan terjadi hampir pada peningkatan kecepatan putar impeller seperti pada **Gambar 4.60**



Gambar 4.61 Pola alir propeller $d/D=0,075$; $-\beta=15^\circ$; $N=(A)$ 100 (B) 200 (C) 300 dan (D) 400 rpm

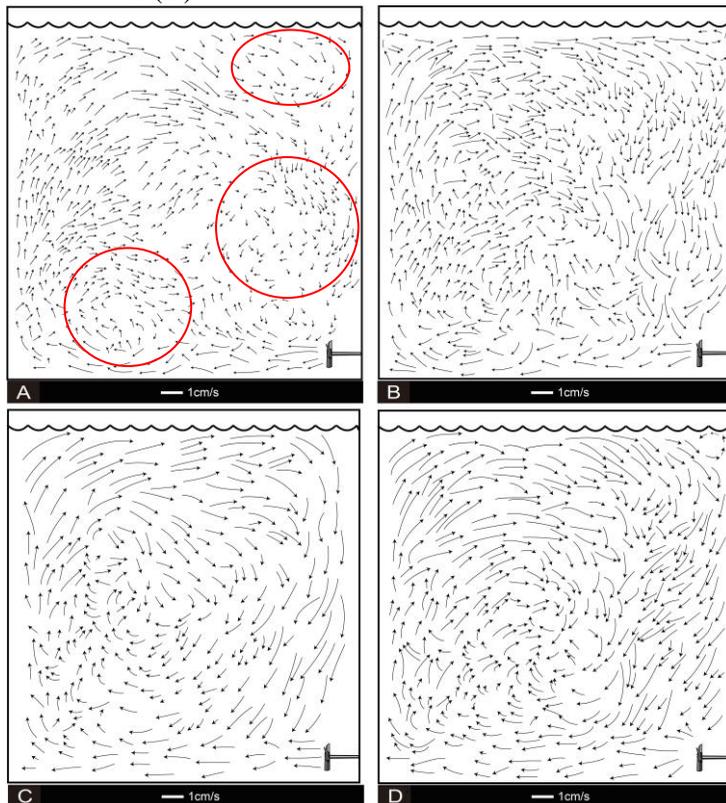
Sedangkan pada peningkatan sudut 15° di kecepatan 100-300 rpm, menunjukkan daerah yang tidak terjangkau pengadukan dekat dinding sebelah kanan dan di atas impeller. Seperti terlihat pada **gambar 4.61** (A), (B), dan (C).

Propeller 3-Daun Diameter 4 cm



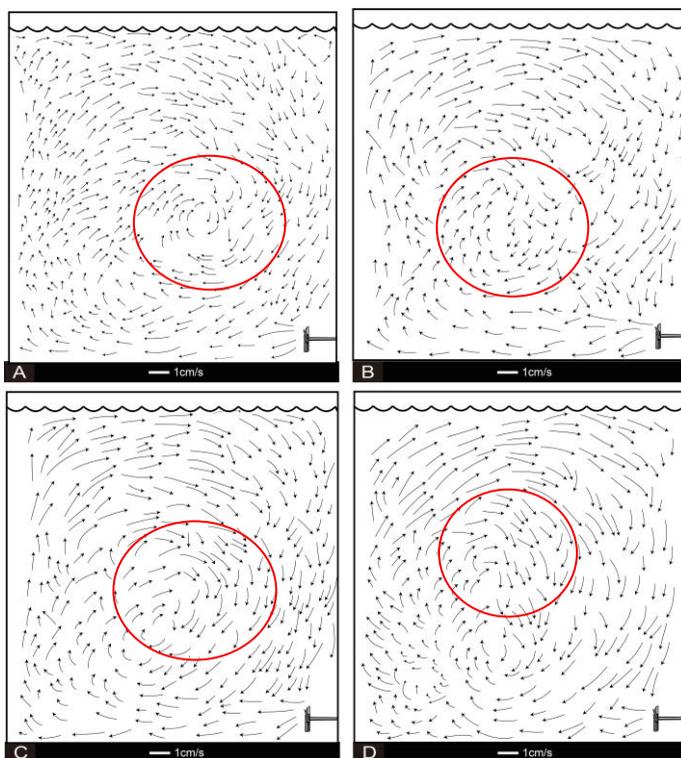
Gambar 4.62 Pola alir propeller $d/D=0,1$; $\beta=0^\circ$; $N=(A)$ 100 (B) 200 (C) 300 dan (D) 400 rpm

Pada kecepatan 400 rpm, terlihat aliran dari discharge, kecepatan mulai menurun ketika menuju dinding tangki dan aliran dengan kecepatan rendah cenderung terkonsentrasi di dekat dasar tangki dan bersirkulasi di dekat dinding dan dekat permukaan. Sedangkan aliran yang lainnya dengan kecepatan yang lebih tinggi bergerak menuju ke permukaan kemudian menuju ke bawah menuju impeller kembali. Seperti terlihat pada **Gambar 4.62 (D)**.



Gambar 4.63 Pola alir propeller $d/D=0,1$; $+\beta=5^\circ$; $N=(A) 100$ (B) 200 (C) 300 dan (D) 400 rpm

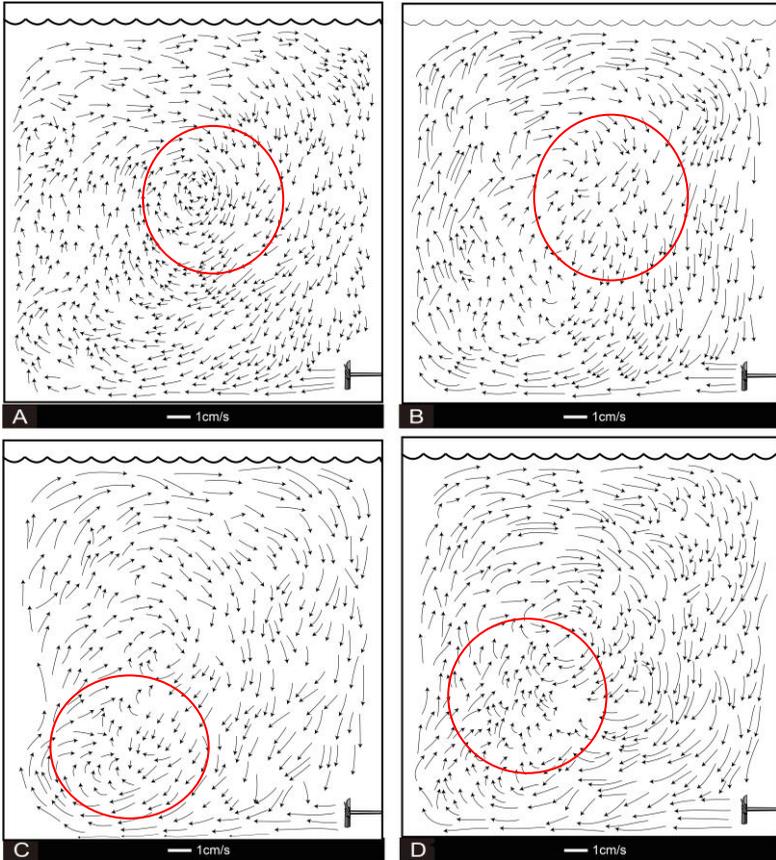
Dari variasi kecepatan putar impeller 100-400 rpm, terlihat pola alir yang signifikan berbeda terjadi pada kecepatan putar 100 rpm. Dimana pada kecepatan tersebut, profil streamline terlihat tidak beraturan dan memberikan circulation flow di beberapa titik. Yaitu di dekat permukaan, dasar dan dekat dinding tangki sebelah kanan. Seperti yang terlihat pada **Gambar 4.63 (A)**.



Gambar 4.64 Pola alir propeller $d/D=0,1$; $+\beta=10^\circ$; $N=(A)$ 100 (B) 200 (C) 300 dan (D) 400 rpm

Secara umum pada peningkatan kecepatan 100-400 rpm, letak circulation flow cenderung bergeser dari dinding tangki

menuju di tengah tangki. Akan tetapi posisi tidak semakin mendekati permukaan. Seperti yang terlihat pada **Gambar 4.64**.

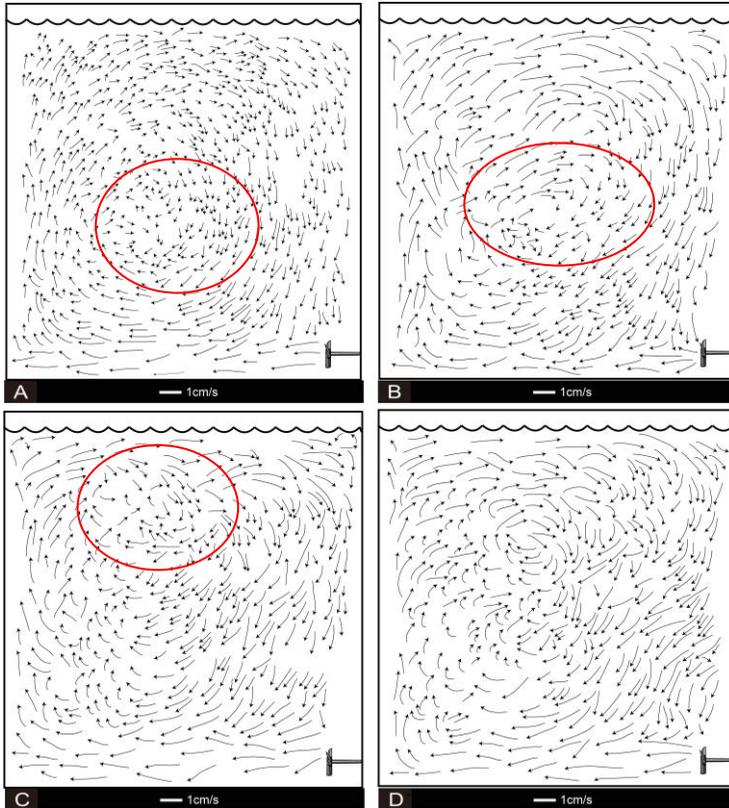


Gambar 4.65 Pola alir propeller $d/D=0,1$; $+\beta=15^\circ$; $N=(A)$ 100 (B) 200 (C) 300 dan (D) 400 rpm

Pada sudut 15° terlihat aliran tersebar ke seluruh daerah tangki. Letak circulation flow terlihat berada tidak beraturan dan cenderung pada kecepatan putar tinggi yaitu di 300-400 rpm

circulation flow terletak di dasar tangki. Seperti pada **gambar 4.65** (C), dan (D).

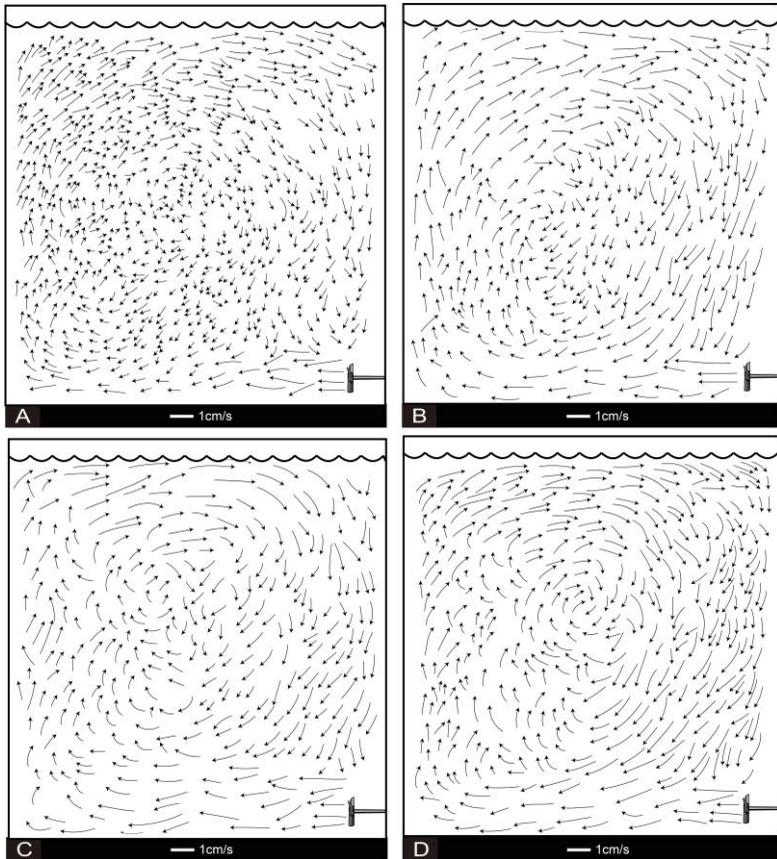
Sedangkan jika arah sudut di rubah ke kiri akan memberika pola lai sebgai berikut :



Gambar 4.66 Pola alir propeller $d/D=0,1$; $-\beta=5^\circ$; $N=(A)$ 100 (B) 200 (C) 300 dan (D) 400 rpm

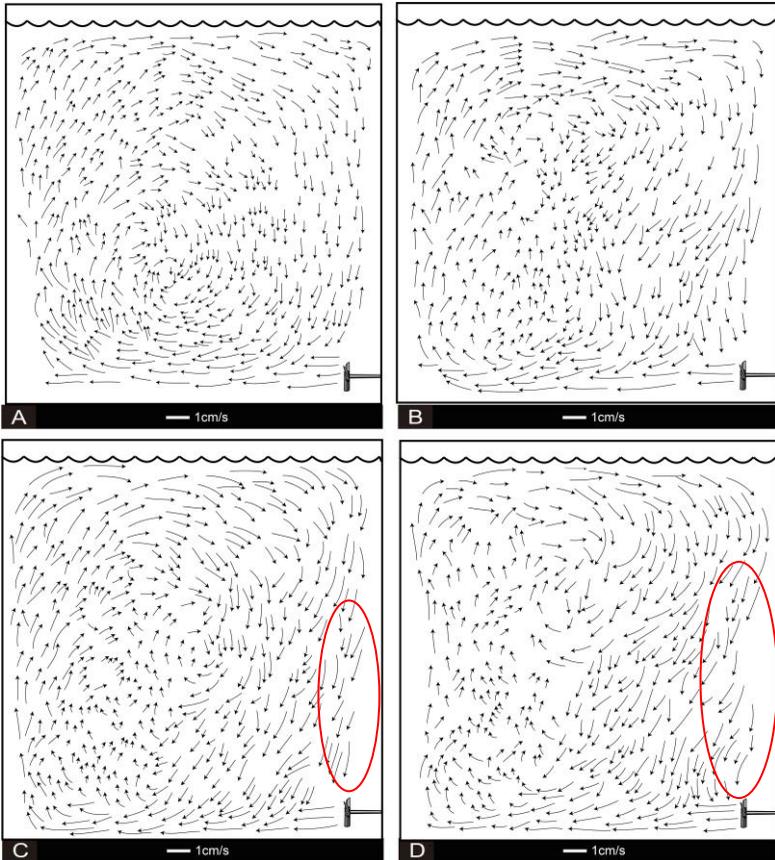
Sedangkan pada sudut 5° arah kiri, secara umum pada kecepatan 100-400 rpm sudah tidak terlihat adanya daerah stagnan di dekat permukaan. Seperti pada **Gambar 4.66** (A) dan

(B), pada kecepatan 100-200 aliran dari discharge menabrak dinding tangki, sebagian aliran yang belum sampai ke permukaan berbelok menuju tengah tangki membentuk pusaran sedangkan aliran yang menuju ke permukaan bergerak ke bawah menabrak dinding tangki. Sebagian dari aliran tersebut belok menuju pusaran dan sebagian lagi menuju impeller terlebih dahulu kemudian keatas menuju pusara. Sedangkan pada kecepatan 300-400 rpm profil streamline sudah terlihat menuju pada satu titik yaitu menuju pusaran yang berada di tengah tangki dengan kecenderungan pola yang hampir sama yaitu dari discharge menabrak dinding tangki naik menuju dekat permukaan kemudian bergerak kembali menuju impeller dan naik membentuk pusaran di tengah tangki. Seperti yang terlihat pada **Gambar 4.66** (C) dan (D).



Gambar 4.67 Pola alir propeller $d/D=0,1$; $-\beta=10^\circ$; $N=(A)$ 100 (B) 200 (C) 300 dan (D) 400 rpm

Pada kecepatan 200-300 rpm, letak circulation flow cenderung terletak di dasar tangki . Seperti yang terlihat pada **Gambar 4.67** (A) dan (B). Sedangkan pada peningkatan kecepatan 300-400 rpm, letak circulation flow berada di tengah tangki tetapi tidak sampai menuju dekat permukaan. Seperti yang terlihat pada **Gambar 4.67** (C) dan (D).



Gambar 4.68 Pola alir propeller $d/D=0,1$; $-\beta=15^\circ$; $N=(A)$ 100 (B) 200 (C) 300 dan (D) 400 rpm

Sedangkan pada peningkatan sudut 15° di kecepatan 300-400 rpm, menunjukkan daerah yang tidak terjangkau pengadukan dekat dinding sebelah kanan dan di atas impeller. Seperti terlihat pada **Gambar 4.68** (C), dan (D). Aliran dari dinding tangki tidak menuju impeller terlebih dulu akan tetapi langsung ikut

bersirkulasi, sehingga menimbulkan daerah yang tidak terjangkau pengadukan di atas impeller.

Dari pembahasan diatas, secara umum semakin meningkatnya kecepatan putar impeller, profil kecepatan vektor menunjukkan semakin naik dan letak circulation flow juga bergeser semakin keatas dan mendekati dinding tangki. Pada kecepatan putar rendah antara 100-200 rpm pada sudut 0° secara umum circulation flow memiliki kecenderungan berada di dasar tangki dan dekat dinding. Sedangkan pada variasi sudut 5° dan 10° dari keseluruhan streamline secara umum menunjukkan circulation flow yang berada di dekat dasar tangki dan tengah. Tidak terjadi perubahan yang signifikan jika arah sudut dirubah. Terjadi sedikit perbedaan pada pola alir antara propeller dan IBT.

Pada jenis impeller Incline Blade Turbine, pengaruh kecepatan putar terhadap letak circulation flow nampak jelas ditunjukkan semakin bertambahnya kecepatan putar impeller letak circulation flow bergeser semakin ke atas hampir mencapai level keseluruhan liquid pada tangki, cenderung mendekati permukaan dinding tangki sebelah kiri, sedangkan pada jenis impeller propeller dengan adanya peningkatan kecepatan putar, secara umum letak circulation flow semakin ke atas hampir setengah dari level liquid. Hanya sebagian saja yang menunjukkan sampai hampir mencapai permukaan.

Sedangkan pada sudut 15° baik arah kiri maupun kanan pada jenis impeller IBT maupun propeller dengan diameter yang berbeda-beda, secara umum menunjukkan pada kecepatan putar impeller tinggi yaitu 300- 400 rpm, circulation flow berada di dekat dasar tangki dan dinding tangki. Aliran dengan kecepatan rendah terkonsentrasi pada dasar dan dinding tangki kemudian kecepatan mulai naik ketika mencapai dekat permukaan dan bergerak ke bawah dan langsung ikut pusaran tidak didahului menuju impeller, sehingga daerah diatas impeller tidak terjangkau pengadukan. Fenomena tersebut terjadi pada sudut 15° baik arah ke kanan maupun arah ke kiri dengan semakin ditingkatkannya kecepatan putar dan ukuran dari impeller.

4.4 Pumping Capacity

Pada tangki yang berukuran besar, impeller dapat dipasang dekat dasar tangki seperti pada side –entering mixer. Letak impeller yang cenderung dekat dengan dasar tangki, menghasilkan pola pemompaan ke atas (*pumping-up*), sehingga mencegah terjadinya endapan partikel solid (*sludge*) pada dasar tangki minyak mentah (*crude oil*) atau produk-produk minyak dalam industri perminyakan.

Salah satu yang mempengaruhi dari pola alir yang terbentuk dalam sebuah tangki dengan side-entering mixer yaitu pumping capacity, dimana pumping capacity menyatakan jumlah atau yang dinyatakan sebagai volume fluida yang dipompa oleh impeller per satuan waktu. Mengetahui flow rate atau volume fluida yang dikeluarkan oleh impeller dapat mengetahui pengaruh kecepatan putar dan ukuran diameter impeller terhadap energi yang disalurkan ke fluida di dalam tangki. Pada perhitungan pumping capacity ini dipakai impeller Propeller dengan ukuran 3 dan 4 cm dengan kecepatan putar impeller 100-400 rpm.

Pumping capacity didefinisikan menggunakan pumping number, NQ berdasarkan korelasi :

$$NQ = \frac{Q}{ND^3}$$

Dengan

Q = *circulation flow* yang meninggalkan *blade* (m³/s)

NQ = *impeller flowrate number*

N = *frequency of impeller revolution* (rps)

D = *impeller diameter* (m)

Selain itu, untuk mengetahui nilai *pumping capacity* juga bisa dilakukan dengan menghitung *cross-sectional area* yang dilalui oleh fluida dikalikan kecepatan rata-rata dari discharge impeller.

$$Q = A \times v_{\text{discharge, average}}$$

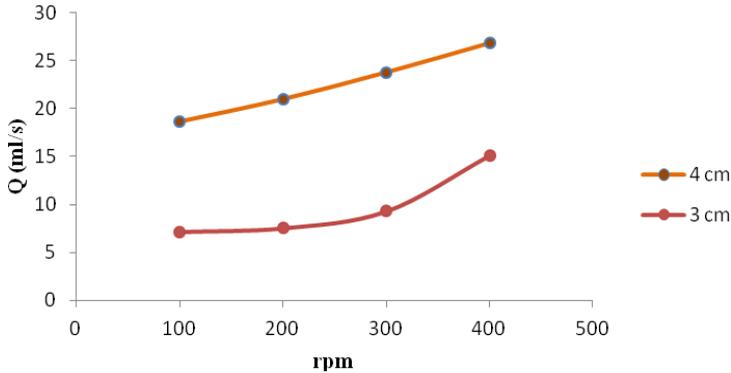
Dengan

Q = *circulation flow* (m³/s)

A = luasan daerah melingkar dari impeller berdiameter 3 cm dan 4 cm.

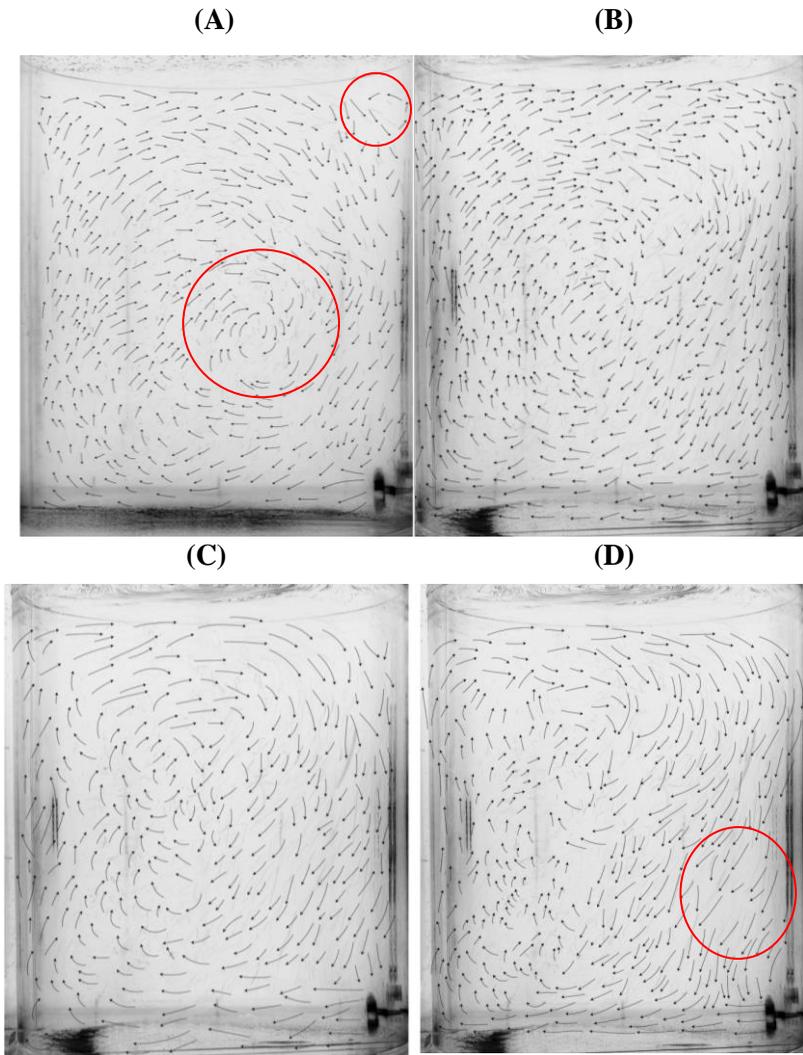
Berikut disajikan data pumping capacity. Perhitungan pumping capacity dapat dilihat di Appendix. Untuk selanjutnya hasil perhitungan pumping capacity pada impeller diameter 3cm dan 4 cm dapat dilihat pada grafik berikut.

Propeller Sudut 10 ° Arah Kiri



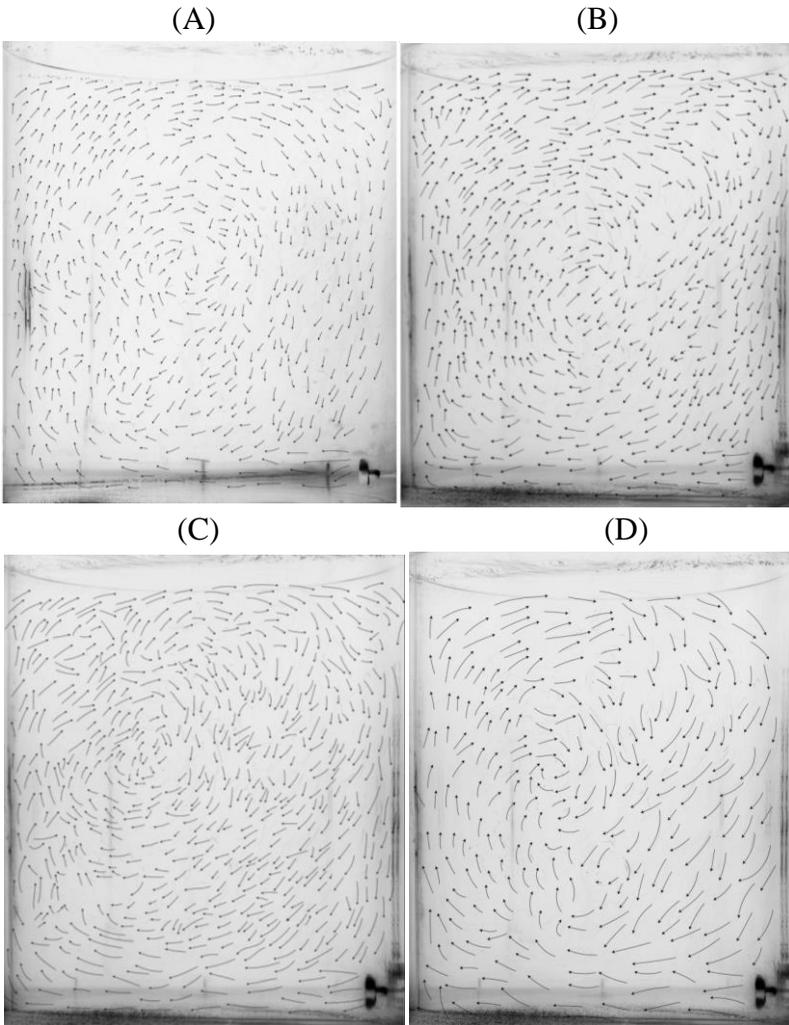
Grafik 4.30 *Pumping capacity*

Dari grafik di atas dapat disimpulkan bahwa dengan meningkatnya kecepatan putar impeller dan semakin besarnya ukuran impeller maka *pumping capacity* atau flowrate akan meningkat. Perhitungan didapatkan dengan mengalikan luas daerah discharge dengan kecepatan aliran keluaran impeller. Hal ini juga menunjukkan bahwa kapasitas perpompaan sangat tergantung terhadap geometri impeller dan juga kecepatan putar impeller. Untuk mengetahui pengaruh pumping capacity terhadap pola alir dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 4.69 Pola Alir Propeller $d/D = 0.1$; $-\beta=10^\circ$; $N=(A)$ 100
 (B) 200 (C) 300 dan (D) 400 rpm

Pada kecepatan 100 rpm, masih terlihat daerah stagnan di dekat permukaan dan dinding tangki dan terbentuk daerah pusaran yang terkonsentrasi di tengah tangki seperti yang terlihat pada **Gambar 4.69** (A). Sejumlah fluida yang didorong oleh impeller pada kecepatan tersebut, belum mampu mendistribusikan aliran secara merata keseluruhan tangki. Hal ini akan sangat mempengaruhi terhadap homogenitas dari suatu pencampuran. Sedangkan pada peningkatan kecepatan putar 200-400 rpm, sudah tidak terbentuk daerah stagnan, meskipun aliran cenderung tersebar dengan tidak membentuk pusaran. Akan tetapi pada kecepatan 400 rpm, terlihat aliran dari dekat permukaan menuju dinding berbelok langsung dan ikut bersirkulasi. Pada pumping capacity yang tinggi mengakibatkan daerah atas dekat impeller tidak terjangkau pengadukan, karena terlalu cepat aliran dari dinding ikut bersirkulasi.



Gambar 4.70 Pola Alir Propeller $d/D = 0.075$; $-\beta=10^\circ$; $N=(A)$ 100 (B) 200 (C) 300 dan (D) 400 rpm

Terlihat berbeda pada **Gambar 4.70**, hampir semua pada kecepatan 100-400 rpm masih membentuk daerah pusaran yang

berada pada tengah tangki. Akan tetapi pada kecepatan 400 rpm sudah terlihat profil dari streamline yang tersebar secara merata diseluruh daerah tangki. Tidak terlihat daerah di atas impeller yang tidak terjangkau pengadukan. Hal ini berbeda pada **Gambar 4.70 (D)**, dengan meningkatnya diameter impeller yang dapat meningkatkan pumping capacity menimbulkan aliran dari dinding tangki tidak menuju impeller terlebih dulu akan tetapi langsung ikut bersirkulasi, sehingga menimbulkan daerah yang tidak terjangkau pengadukan di atas impeller.

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Pola aliran yang diberikan ketika sudut diperbesar terutama arah kanan akan mengakibatkan arah radial lebih dominan, dikarenakan jarak discharge menuju dinding tangki lebih dekat, sehingga memperbesar arah alirannya.
2. Ketika sudut dan kecepatan putar impeller baik arah kanan maupun kiri yang diberikan bervariasi memperlihatkan stagnan flow dibagian dasar dekat dinding sebelah kiri, tengah, dan atas dekat permukaan.
3. Semakin tinggi kecepatan putar impeller dan variasi sudut yang semakin meningkat, serta dengan adanya peningkatan ukuran impeller, letak *circulation flow* yang ditimbulkan semakin tinggi mendekati permukaan dan dinding tangki.
4. Pada jenis impeller *Incline Blade Turbine*, pengaruh kecepatan putar terhadap letak *circulation flow* nampak jelas ditunjukkan semakin bertambahnya kecepatan putar impeller letak *circulation flow* bergeser semakin ke atas hampir mencapai level keseluruhan liquid pada tangki, cenderung mendekati permukaan dinding tangki sebelah kiri, sedangkan pada jenis impeller propeller dengan adanya peningkatan kecepatan putar, secara umum letak *circulation flow* semakin ke atas hampir setengah dari level liquid.
5. Perubahan arah sudut masuk impeller tidak terlalu memberikan banyak pengaruh terhadap letak *circulation flow* yang terjadi dalam tangki.
6. Dengan sudut yang sama tetapi arahnya berbeda, maka aliran yang dihasilkan berbeda tergantung putaran serta arah blade impeller.
7. Sudut masuk impeller dengan arah kiri terutama pada sudut 10° dengan kecepatan 300-400 rpm menunjukkan pengadukan yang baik ditandai dengan pola alir yang

menyebar secara acak ke seluruh tangki sehingga menyebabkan aliran turbulen dan daerah stagnan yang semakin berkurang.

8. Dengan meningkatnya diameter impeller dan kecepatan putar impeller, pumping capacity yang dihasilkan oleh impeller juga semakin meningkat.
9. Semakin besar pumping capacity yang dihasilkan oleh impeller menyebabkan daerah disekitar atas impeller tidak terjangkau oleh pengadukan, karena terlalu cepat aliran dari dinding ikut bersirkulasi.

5.2 Saran

1. Densitas tracer particle harus seragam agar tidak ada yang mengendap pada dasar tangki
2. Pengaturan pencahayaan dengan mengatur slit yang tepat akan memberikan hasil yang bagus pada pengamatan.

DAFTAR PUSTAKA

- Bakker, A., dan Fasano, J.B. *The Flow pattern in an Industrial Paper Pulp Chest with a Side Entering Impeller*. The Online CFM Book. 2000.
- Deublein, Dieter dan Angelika Steinhauser. *Biogas from Waste and Renewable Resources: An Introduction*. Wiley-Vch. 2008.
- Geankoplis C. J. *Transport Processes and Unit Operations 3rd Edition*. Pretince-Hall International, Inc. 2003.
- Gustiayu Brilliant S. dan Ayu Ratna Sari. *Simulasi Pola Aliran dalam Tangki Berpengaduk Menggunakan Side-Entering Impeller untuk Suspensi Padat-Cair*. Surabaya : Skripsi S1 Teknik Kimia ITS. 2012.
- Oldshue, James Y. *Fluid Mixing Tehnology*. New York: McGraw-Hill, in. 1983
- Paul, Edward L., dan Arthur William E. *Advances in Industrial Mixing: A Companion to The Handbook of Industrial Mixing*. John Wiley and Sons Ltd. 2004.
- Tatterson, G. B. *Fluid Mixing and Gas Dispersion in Agitated tanks*. New Jersey : McGraw-Hill, In. 1991
- Walas, Stanley M. *Chemical Process Equipment: Selection and Design*. Butterworth-Heinemann Series in Chemical Engineering. 1988.
- Wessselingh, J. A. *Mixing of Liquids in Cylinfrcal Storage Tanks with Side-Entering Propeller*. Journal of Chemical Engineering Science, 30 (1975) 973-981. 1974

DAFTAR NOTASI

D	Diameter Tangki	[m]
d	Diameter Impeller	[m]
H	Tinggi Tangki	[m]
H'	Tinggi Fluida dalam Tangki	[m]
N	Kecepatan putar impeller	[rpm]
μ	Viskositas <i>Fluida</i>	[kg/m.s]
ρ	Densitas <i>Fluida</i>	[kg/m ³]
β	Side entering angel	° (derajat)

APPENDIKS

1. Pumping capacity

Data penelitian:

Kecepatan discharge, v = 1.0375 cm/s

Luas penampang, A = 12.56 cm² (untuk diameter
impeller 4 cm)

Pumping capacity, Q = $A \times v$
= 13.031 ml/s

BIODATA PENULIS



Mochammad Murtadho, penulis dilahirkan di Lamongan pada tanggal 7 Desember 1992. Penulis telah menempuh pendidikan formal yaitu lulus dari MI Murni Sunan Drajat Lamongan pada tahun 2005, lulus dari SMP Plus Ar-Rahmat Bojonegoro pada tahun 2008 dan lulus dari SMA BPPT Al-

Fattah Lamongan pada tahun 2011. Setelah lulus SMA, penulis diterima di D3 Teknik Kimia ITS dan melanjutkan studi LJ teknik kimia pada tahun 2014. Di Laboratorium Mekanika Fluida dan Pencampuran bersama partnernya, Yukh Ihsana I.F, mengerjakan tugas akhir dengan judul “Pra Desain Pabrik Gula Kristal Putih” yang kemudian dilanjutkan dengan skripsi yang berjudul “Pengaruh *Side Entry Angle* Terhadap Pola Alir Dalam Tangki Berpengaduk dengan *Side Entering-Mixer*” di bawah bimbingan Prof. Dr. Ir. Sugeng Winardi, M.Eng dan Dr. Tantular Nurtono, M.Eng.

Alamat : Perum Grand Juanda No.B 17 Sedati,
Sidoarjo

Email : selerelan07@gmail.com

Motto : Senyum Lebar Rejeki Lancar



Yukh Ihsana I.F., penulis dilahirkan di Nganjuk pada tanggal 16 September 1991. Penulis telah menempuh pendidikan formal yaitu lulus dari MIN Ngronggot pada tahun 2004, lulus dari SMPN 1 Prambon-Nganjuk pada tahun 2007 dan lulus dari SMAN 7-Kediri pada tahun 2010. Setelah lulus SMA, penulis diterima di D3 Teknik Kimia ITS dan melanjutkan studi LJ teknik kimia pada tahun 2014. Di Laboratorium Mekanika Fluida dan Pencampuran bersama partnernya, Mochammad Murtadho, mengerjakan tugas akhir dengan judul “Pra Desain Pabrik Gula Kristal Putih” yang kemudian dilanjutkan dengan skripsi yang berjudul “Pengaruh *Side Entry Angle* Terhadap Pola Alir Dalam Tangki Berpengaduk dengan *Side Entering-Mixer*” di bawah bimbingan Prof. Dr. Ir. Sugeng Winardi, M.Eng dan Dr. Tantular Nurtono, M.Eng.

Alamat : Desa Dingin Kec. Ngronggot Kab.
Nganjuk RT 001/Rw 007

Email : yukhihsana@gmail.com

Motto : Sebaik-baiknya manusia adalah yang
bermanfaat