

NASKAH SEMINAR¹
ANALISA VEKTOR KECEPATAN DAN POLA ALIRAN DI SEKITAR PILAR
DENGAN METODE PIV (*Particle Image Velocimetry*)
(Studi Kasus Model Pilar Berpenampang Lingkaran dan Persegi)

Sitty Rukmini Mokobombang², Puji Harsanto³, Jaza'ul Ikhsan⁴

INTISARI

Pengukuran kecepatan aliran 2 dimensi dibutuhkan untuk mengetahui karakteristik aliran. Sampai saat ini, perhitungan kecepatan hanya terbatas untuk perhitungan di satu titik dan cara pengambilan datanya bisa mengganggu aliran. Particle Image Velocimetry (PIV) merupakan metode pengukuran aliran dengan menggunakan image processing rekaman aliran untuk mengetahui profil kecepatan aliran sesaat pada aliran fluida. Metode PIV (Particle Image Velocimetry) bisa menghasilkan data kecepatan pada beberapa titik dalam satu waktu dengan tidak mengganggu aliran. Metode PIV menggunakan sediment tracking yang dialirkan bersama aliran air sehingga bisa mengikuti pola dari aliran itu sendiri.

Pemodelan pengukuran kecepatan menggunakan model fisik berupa Multipurpose teaching flume dengan ukuran panjang 5 meter dan lebar 0.46 meter dilakukan di Laboratorium Keairan dan Lingkungan, Teknik Sipil, UMY. Pengukuran kecepatan dilakukan di sekitar pilar untuk mengetahui pengaruh bentuk pilar terhadap distribusi kecepatan. Dengan simulasi yang dilakukan, maka metode PIV merupakan metode yang bagus untuk diterapkan dalam perhitungan kecepatan aliran pada beberapa titik.

Dengan adanya pilar di badan sungai, maka aliran mengalami perlambatan pada belakang pilar dan percepatan di daerah setelah pilar. Perlambatan aliran terjadi di bagian belakang, sisi samping dan tepat di depan pilar. Bentuk pilar persegi mempunyai pengaruh perlambatan yang lebih besar daripada pilar lingkaran. Kecepatan di sekitar pilar lingkaran lebih besar daripada di sekitar pilar persegi.

Kata Kunci : Vektor kecepatan, pola aliran, PIV, pemodelan, pilar jembatan

¹Disampaikan pada Seminar Tugas Akhir

³Dosen Pembimbing I

²Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, UMY
NIM 20130110101, email sitty.rukmini.2013@ft.umy.ac.id

⁴Dosen Pembimbing II

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Dalam uji model hidrolika alat ukur kecepatan aliran dan arah gerak partikel air sangat diperlukan. Metode umum dalam menentukan pola medan aliran masih terbatas pada pengukuran kecepatan pada satu titik saja, yang dilakukan dengan cara memasukkan sensor ke dalam aliran pada satu titik yang akan diukur, salah satu contoh alat ukurnya adalah *current meter*. Untuk mendapatkan data pada berbagai titik yang berbeda maka dilakukan pengukuran yang berulang-ulang di tempat yang berbeda-beda. Metode tersebut, akan mengganggu pola aliran alamiya sehingga akan merubah pola aliran. Oleh sebab itu, diperlukan cara atau metode pengukuran kecepatan yang bisa mengukur kecepatan di banyak titik dengan waktu yang bersamaan dengan tidak mengganggu pola aliran alaminya.

Analisis arah vector kecepatan aliran pada model fisik menggunakan metode PIV ialah metode untuk mengukur kecepatan aliran yang mampu memetakan vektor-vektor kecepatan sesaat aliran di semua titik yang tertangkap kamera, sehingga PIV mampu memberikan data profil kecepatan sesaat dan turbulensi fluida untuk banyak titik dalam waktu yang sama (Rahardjo, dkk, 2011).

Pemodelan tentang pengaruh pilar jembatan terhadap pola aliran perlu dilakukan untuk mengetahui jenis bentuk pilar dengan pengaruh minimum terhadap pola aliran. , sehingga dapat meminimalisir gerusan lokal diharapkan mampu menjadi tolak ukur dalam perencanaan bentuk pilar jembatan.

B. Rumusan Masalah

1. Bagaimana pengukuran kecepatan aliran dengan metode PIV?
2. Bagaimana distribusi kecepatan aliran permukaan ?
3. Bagaimana bentuk pola dan vektor aliran yang terjadi ?

C. Tujuan Penelitian

1. Menganalisis kecepatan aliran dengan metode PIV.
2. Mengetahui distribusi kecepatan aliran permukaan.
3. Mengetahui bentuk pola aliran yang terjadi.

D. Manfaat Penelitian

1. Memberikan pengetahuan tentang metode pengukuran kecepatan dengan metode PIV.
2. Memberikan pengetahuan kecepatan aliran diberbagai titik dalam satu waktu bersamaan.
3. Memberikan pengetahuan tentang pola aliran yang terjadi disekitar pilar jembatan dengan berbagai bentuk.
4. Mempertimbangkan bentuk pilar jembatan dengan pengaruh kecepatan paling kecil.
5. Mempertimbangkan ukuran pilar terhadap pengaruh kecepatan yang paling minimal.

E. Batasan Masalah

1. Penelitian ini menggunakan model fisik dasar tetap (*fixed bed*) dengan panjang 5 m dan lebar 0.46 m, debit 0.00359 m³/detik, waktu *running* 2 menit, slope 0.004, jenis aliran subkritik.
2. Percobaan laboratorium yang akan dilaksanakan adalah bentuk penampang yang diberi penghalang di tengahnya (pilar jembatan)
3. Bentuk pilar yang *running* yaitu bentuk lingkaran dan segiempat.
4. Pemodelan pilar tidak mewakili pilar sebenarnya yang terjadi di sungai.
5. Penelitian ini hanya melihat fenomena perubahan aliran yang terjadi disekitar pilar dengan pengamatan visual.
6. Untuk mendapatkan arah vektor kecepatan digunakan *sediment tracking*.
7. Perhitungan debit aliran menggunakan peluap segitiga.

II. TINJAUAN PUSTAKA

Particle Image Velocimetry (PIV) adalah metode pengukuran kecepatan aliran sesaat 2 dimensi yang dilakukan disepanjang area pengukuran. Alirannya ditaburi dengan partikel-partikel kecil untuk merepresentasikan aliran itu sendiri (Mohamed, dkk, 1995).

Rizal dan Rahardjo (2000) meneliti metode pengukuran medan kecepatan aliran dengan metode bayangan partikel yang direkam dengan kamera. Partikel yang digunakan sebagai tracer yaitu partikel yang dapat melayang di dalam air sehingga bisa bergerak mengikuti gerakan zat cair,

Rahardjo,dkk (2011) meneliti tentang proses pengolahan citra untuk pengukuran aliran 2D dengan teknik komputasi, perpindahan gambar 1 ke gambar 2 bisa diketahui jarak dan arahnya sehingga bisa diketahui kecepatan sesaat partikel uji tersebut yang merepresentasikan kecepatan aliran.

Penelitian tentang penggunaan PIV pada lapangan atau disebut dengan LSPIV (*Large Scale Particle Image Velocimetry*) pernah dilakukan oleh Muste, dkk (2008) dan Prabowo (2008). LSPIV merupakan alternative yang bisa digunakan untuk pengukuran dalam kondisi aliran ekstrim (besar) seperti banjir, dan juga dalam kondisi aliran yang sangat lambat ataupun aliran dangkal seperti sungai kecil.

Dalam penelitian sebelumnya, pengukuran kecepatan aliran telah dilakukan pada aliran terbuka di laboratorium ataupun di sungai. Untuk membedakan dengan penelitian sebelumnya, dalam penelitian ini dilakukan pemodelan saluran dengan diletakkan penghalang berupa pilar untuk mengamati pengaruh pilar terhadap pola aliran dan vektor kecepatan aliran.

III. LANDASAN TEORI

A. Tinjauan Umum

Beberapa masalah teknik yang berhubungan dengan aliran fluida kadang-kadang sulit atau tidak bisa diselesaikan secara analitis. Untuk itu diperlukan suatu percobaan atau pengamatan untuk menyelesaikan masalah tersebut Untuk menghindari kendala tersebut pengamatan bisa dilakukan dengan membuat bentuk miniature model.

Pola aliran pada sungai dapat berubah diakibatkan oleh perubahan morfologi sungai yang diikuti dengan perubahan karakteristik sungai. Salah satu penyebabnya yaitu adanya bangunan atau pilar yang dibagun pada badan sungai.

B. Aliran Air di Saluran Terbuka

Saluran terbuka menurut Triatmodjo (1996:103) adalah saluran dimana air mengalir dengan muka air bebas. Pada saluran terbuka, misalnya sungai (saluran alam), variabel aliran sangat tidak teratur terhadap ruang dan waktu. Variabel tersebut adalah tampang lintang saluran, kekasaran, kemiringan dasar, belokan, debit aliran

Kecepatan aliran tidak sama sepanjang tubuh kanal sungai hal ini tergantung dari bentuk, kekasaran kanal sungai dan pola sungai

Pada saluran terbuka yang memiliki distribusi kecepatan yang tidak seragam, ditambah lagi jika saluran terdapat penghambat (misalnya pilar), maka akan cukup sulit untuk memperhitungkan debitnya. Metode pengukuran sederhana yang sering dilakukan adalah memasang sebuah penghalang atau ambang (*weir*) yang memiliki ukuran tertentu dan dipasang melintang pada saluran terbuka.

C. Particle Image Velocimetry (PIV)

Particle Image Velocimetry merupakan metode pengukuran aliran 2D dengan menggunakan *image processing* rekaman aliran untuk mengetahui profil kecepatan sesaat pada aliran fluida. Pada prinsipnya metode PIV mengandalkan rekaman gambar partikel yang bergerak bersama obyek ukur (*seeder/tracking*) pada beberapa lokasi yang dapat terukur dengan baik. File gambar hasil rekaman selanjutnya dibaca dan diolah untuk mendapatkan besar dan arah kecepatan di lokasi-lokasi *seeder/tracking* yang tertangkap dalam rekaman gambar (Rahardjo,dkk, 2011).

Pemilihan jenis dan ukuran partikel *seeder* merupakan hal yang penting. Partikel *seeder* harus bisa mengikuti aliran air sehingga harus berwarna lebih terang daripada air tetapi juga tidak menimbulkan kilauan dan dapat terlihat oleh kamera.

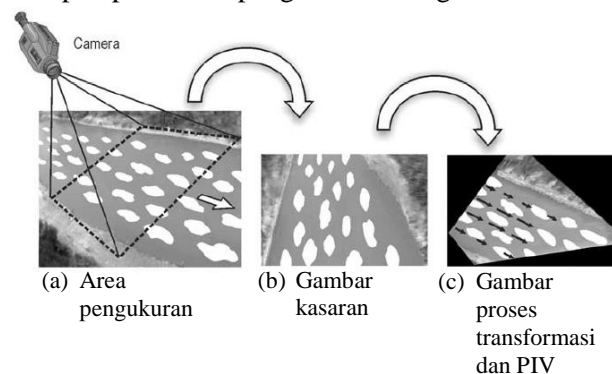
Distribusi partikel yang homogen atau merata pada pengukuran di lapangan/saluran,

sangat penting untuk hasil yang baik untuk pendekatan data vektor kecepatan.

D. Large-Scale Particle Image Velocimetry (LSPIV)

Large-scale particle image velocimetry (LSPIV) adalah metode pendekatan pengukuran kecepatan yang tidak mengganggu aliran pada saluran terbuka di lapangan.

Pengukuran dengan metode LSPIV memerlukan beberapa komponen, yaitu visualisasi aliran / *seeder*, pencahayaan, perekaman gambar dan pemrosesan / pengolahan data gambar.



Gambar 1 Metode perhitungan LSPIV

Dalam **Gambar 1** dijelaskan bahwa metode pengukuran LSPIV dilakukan dengan cara, (a) memberi tanda atau partikel pada area pengukuran untuk memvisualisasikan kondisi aliran (pola putih pada gambar menunjukkan *flow tracking* alami ataupun buatan yang digunakan untuk memvisualisasikan aliran terbuka), selanjutnya (b) didapatkan kasar gambar yang direkam dengan kamera (kondisi terganggu), kemudian (c) gambar diproses untuk mendapatkan estimasi vector kecepatan (kondisi tak terganggu).

E. Pemodelan pada Saluran Terbuka

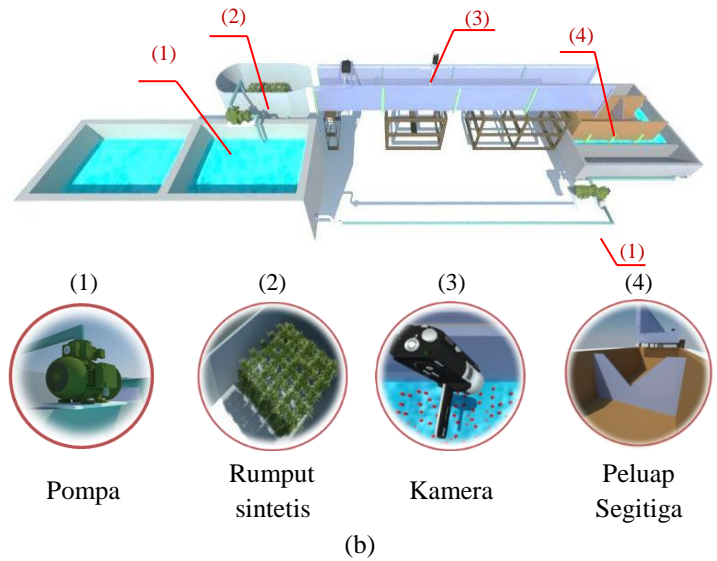
Pemodelan pada saluran terbuka akan dapat memprediksi kelakuan dan kerja dari suatu bangunan atau mesin yang akan dibuat. Beberapa kekurangan yang tidak/belum diperkirakan akan terjadi dapat segera diketahui sehingga kekurangan tersebut dapat segera dihindari pada prototip yang akan dibuat. Selain itu, dengan model ini dapat dipelajari beberapa alternative perencanaan sehingga akan dapat dipilih bangunan atau mesin yang paling optimum (Triatmodjo, 1996:167).

IV. METODOLOGI PENELITIAN

A. Susunan Alat Fisik Penelitian

Lokasi penelitian dilakukan di laboratorium Keairan dan Lingkungan, Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. Model fisik memiliki bentuk segi empat dengan panjang 5 meter, lebar 0.46 meter dan tinggi 0.4 meter, dengan kekasaran dinding dan dasar saluran terbuat dari acrylic dengan tebal 10 milimeter.

Flume test dibagi menjadi tiga bagian utama, terlihat pada Gambar 2, yaitu hulu saluran (*upstream channel*), daerah/area pengamatan (*middle channel /observation area*), dan hilir saluran (*downstream channel*). Pada bagian flume test sebelum *upstream channel* terdapat bagian bak peredam energi yang terbuat dari bak fiber dengan panjang 1,50 meter dan lebar 0,75 meter. Pada bagian ini, turbulensi/olakan air yang dipompa masuk ke dalam flume test dengan pompa (*jet pump*) dengan input dari bak penampung diredam menggunakan rumput sintetis sebelum dialirkan masuk bagian hulu saluran. Pada bagian hulu saluran, air di yang mengalir diberikan ruang untuk kestabilan aliran sebelum memasuki area observasi atau pengamatan dan selanjutnya mengalir pada bagian hilir saluran. Setelah itu, air yang mengalir akan masuk bagian bak pengukur debit (*discharge measurement channel*) dengan panjang 1,50 meter dan lebar 0,70 meter. Pada bagian ini, jarak 1,00 m dari bagian hulu, terdapat ambang peluap segitiga (*Thompson's Weir*) untuk mengetahui debit air terukur dalam *flume test*. Air kemudian mengalir ke bak penampung akhir dan kembali dipompa ke bak penampung awal untuk kembali disirkulasi selama proses eksperimen.



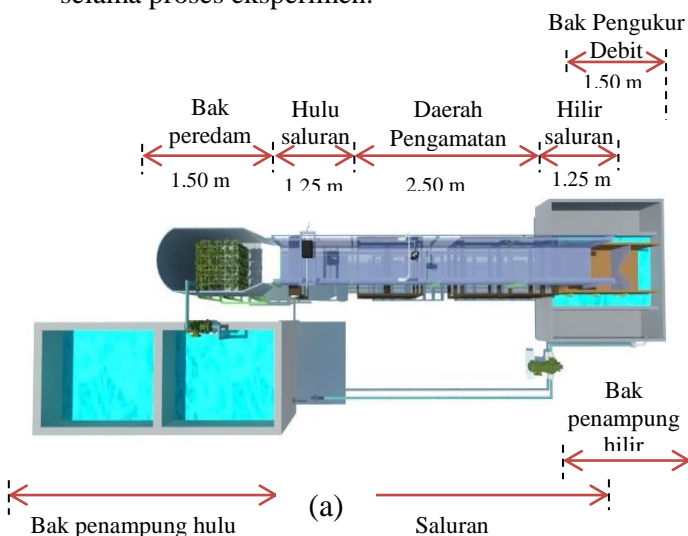
Gambar 2 Skema alat percobaan *flume test*, (a) tampak atas dan (b) tampak perspektif samping

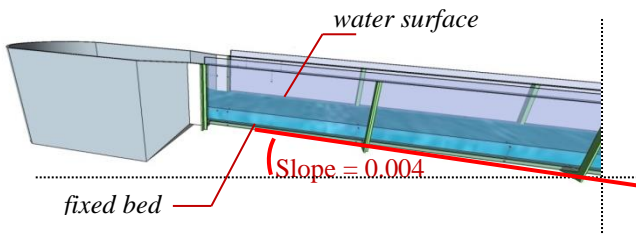
B. Kondisi Hidrolika

Tabel 1 Rencana kondisi hidrolika pada model aliran

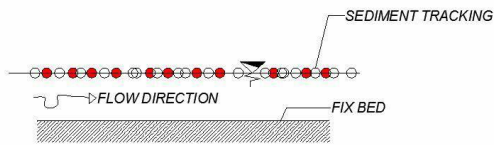
Parameter	Simbol	Hasil Hitungan	Satuan
Data			
Slope	S	0.004	
Lebar flume	b	0.46	m
Panjang flume	L	5	m
Tinggi air hulu	h_{hulu}	0.028	m
Tinggi air hilir	h_{hilir}	0.021	m
Tinggi miring peluap		0.135	m
Angka manning	n	0.0115	
Perhitungan			
Tinggi air rerata	$h_{rata-rata}$	0.0245	m
Luas basah	A	0.0112	m^2
Keliling basah	P	0.509	m
Radius Hidraulik	R	0.0221	m
Kecepatan aliran	v	0.3880	m/detik
	v	0.4331	m/detik
Tinggi air pada peluap	h_p	0.0955	m
Koefisien Debit	C_d	0.6575	
Debit	Q	0.0044	$m^3/detik$
	Q	0.00489	$m^3/detik$
Angka manning	n	0.01285	
Beda tinggi		0.02	m
Angka froud	Fr	0.7914	

Pengujian dilakukan dengan dasar saluran *fixed bed* dengan kemiringan dasar saluran (*slope*) 0.004, jenis aliran subkritik. Kondisi pengujian ditunjukkan oleh Gambar 3 dan Gambar 4.



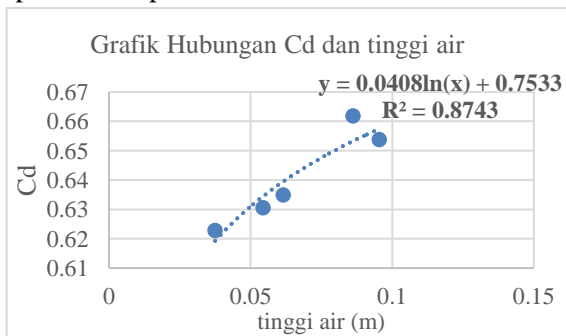


Gambar 3 Kondisi pengujian *running* dengan dasar saluran *fixed bed*



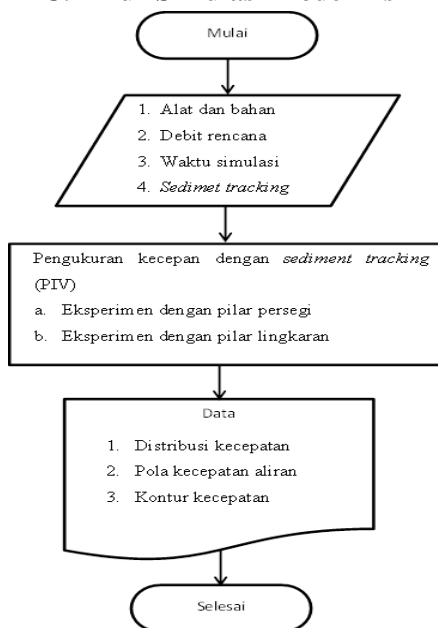
Gambar 4 Kondisi dasar saluran pada alat *flume test*

Untuk perhitungan debit, dalam penelitian menggunakan peluap segitiga sehingga dibutuhkan data koefisien debit (C_d). Regresi C_d (nilai C_d) dapat terlihat pada **Gambar 5**.



Gambar 5 Grafik koefisien debit (C_d)

C. Alur Simulasi Model Fisik

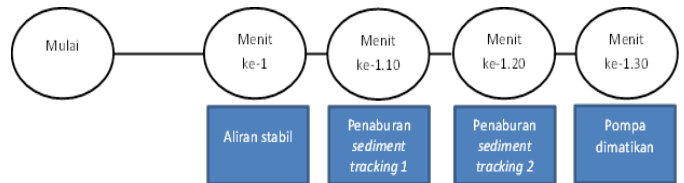


Gambar 6 Bagan alir simulasi model fisik

D. Skema Running

Persiapan pelaksanaan eksperimen, yaitu

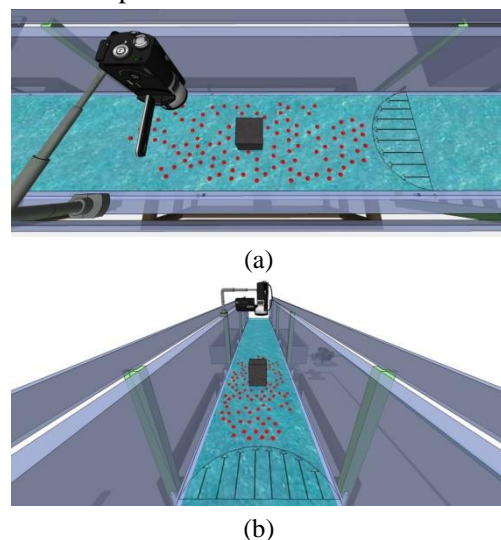
1. Pembuatan miniatur pilar yang terbuat dari plat besi dengan bentuk dan ukuran model pilar yang digunakan adalah pilar dengan bentuk penampang persegi dan lingkaran.
2. Melakukan pengecekan terhadap peralatan yang digunakan dalam penelitian, memastikan alat dalam keadaan baik dan layak untuk digunakan.
3. Melakukan pengecekan terhadap stopwatch yang akan digunakan.
4. Melakukan pengecekan terhadap kamera yang terletak di atas area pengamatan.
5. Memastikan alur/skema running, tertera pada **Gambar 7**.



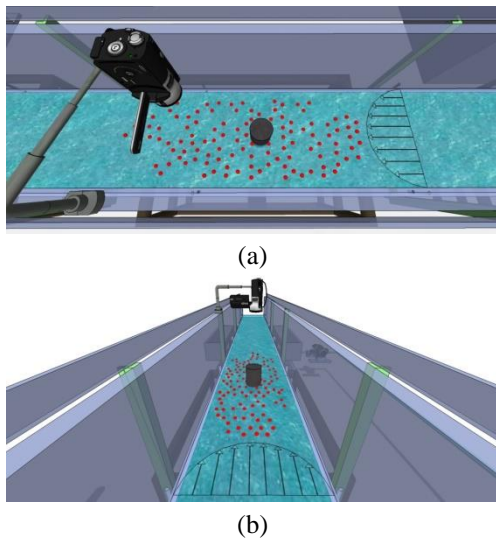
Gambar 7 Skema Running

E. Pengumpulan Data

Data hasil running yaitu data kecepatan aliran. Pengukuran kecepatan dilakukan dengan cara menaburkan sediment tracking pada aliran yang sudah stabil. Pergerakan sediment tracking direkam tampak atas dengan menggunakan kamera untuk analisis distribusi kecepatan dan pola aliran dalam dua dimensi. Penaburan sediment tracking dapat terlihat pada **Gambar 8** dan **Gambar 9**



Gambar 8 Penaburan *sediment tracking* pilar persegi (a) tampak atas (b) tampak perspektif samping



Gambar 9 Penaburan *sediment tracking* pilar lingkaran (a) tampak atas (b) tampak perspektif samping

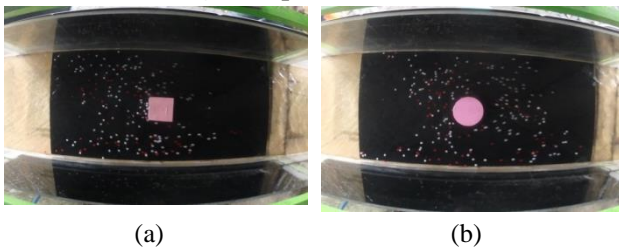
F. Analisis Data

Hasil video perekaman *sediment tracking* digunakan untuk menganalisis vektor kecepatan. Menurut Rahardjo, (2011), pada prinsipnya metode PIV mengandalkan rekaman gambar partikel yang bergerak bersama obyek ukur (seeder) pada beberapa lokasi yang dapat terukur dengan baik. File gambar hasil rekaman selanjutnya dibaca dan diolah mendapatkan besar dan arah kecepatan di lokasi untuk – lokasi seeder yang tertangkap dalam rekaman gambar.

V. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Data Penelitian

Pada *flume test* dilakukan pemodelan pilar jembatan untuk mengetahui distribusi kecepatan di sekitar pilar. Data yang didapatkan dalam penelitian yaitu penyebaran *sediment tracking*. Partikel yang bergerak bersama aliran (*sediment tracking*) yang direkam menggunakan kamera, menghasilkan titik-titik pengukuran yang bisa dianalisis perpindahan dan waktunya. Titik – titik *sediment tracking* terdapat dalam **Gambar 10**.

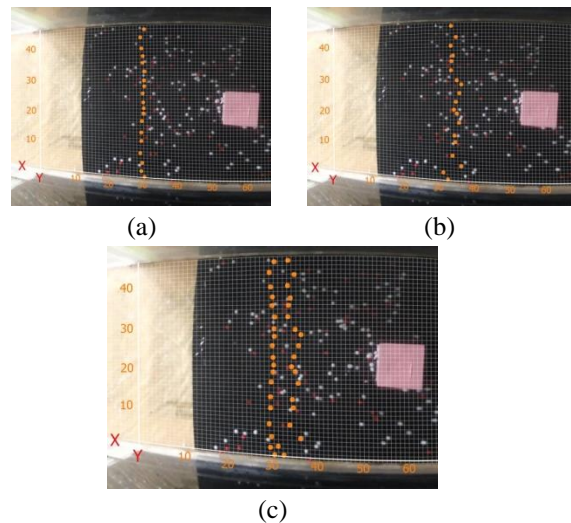


Gambar 10 Titik *sediment tracking* (a) Pilar persegi (b) Pilar lingkaran

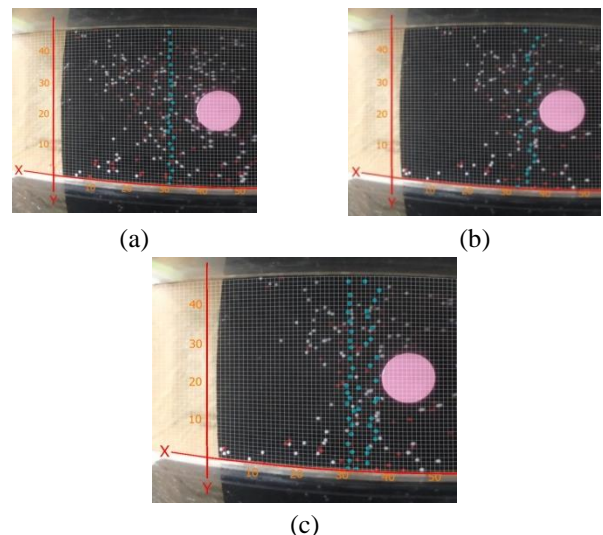
B. Analisis Kecepatan Dengan Metode PIV

1. Analisis Perhitungan Jarak

Analisis jarak didapatkan dari pergerakan partikel dari *frame 1* ke *frame 2* yang dihitung dengan koordinat pada gambar. Distribusi partikel pada masing – masing *frame* diberikan tanda berupa titik berwarna untuk membaca koordinat titik dan juga untuk memilah titik yang akan digunakan sebagai titik pengukuran. Distribusi *sediment tracking* pada masing-masing *frame* dapat terlihat pada **Gambar 11** dan **Gambar 12**.



Gambar 11 Distribusi partikel *sediment tracking* pada Pilar Persegi (a) *Frame 1* (b) *Frame 2* (c) Gabungan *Frame 1* dan *Frame 2*



Gambar 12 Distribusi partikel *sediment tracking* pada Pilar Lingkaran (a) *Frame 1* (b) *Frame 2* (c) Gabungan *Frame 1* dan *Frame 2*

2. Analisis Perhitungan Waktu

Tabel 2 Perhitungan waktu tempuh partikel dari *frame 1 ke frame 2*

Bentuk Pilar	Durasi Video (menit)	Durasi Video (detik)	Jumlah konversi Gambar (Frame)	Waktu tempuh, t (detik/frame)
[1]	[2]	[3]	[4]	[5] = [3]/[4]
Persegi	1.30.02	90.02	500	0.18
Lingkaran	1.38.02	98.02	550	0.178

3. Analisis Perhitungan Kecepatan

Analisis kecepatan diberbagai titik pada satu waktu dapat dihitung dengan mengetahui variable jarak dan waktu partikel untuk bergerak mengikuti pola aliran, yang telah didapatkan pada pengolahan gambar. Perhitungan kecepatan di sekitar pilar dapat dilihat pada **Tabel 3** dan **Tabel 4**.

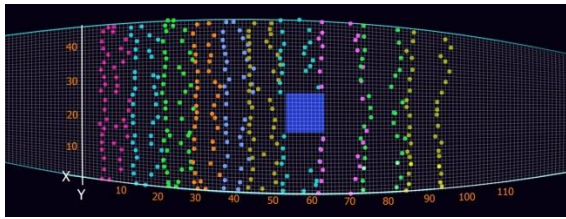
Tabel 3 Perhitungan kecepatan sekitar pilar persegi

No.	Koordinat Titik (cm)				Jarak x (m)	Jarak y (m)	Perpindahan (m)	Kecepatan (m/detik)
	Frame 1		Frame 2					
	x	y	x	y				
	[1]	[2]	[3]	[4]				
				[5] = ([1] - [3])/100	[6] = ([2] - [4])/100	[7] = $\sqrt{[5]^2 + [6]^2}$	[8] = [7] / t	
1	30.5	1	32.5	1	0.02	0	0.0200	0.1111
2	30	2.5	31.5	3	0.015	0.005	0.0158	0.0878
3	30	5	36.5	5	0.065	0	0.0650	0.3611
4	29.5	8	34	8	0.045	0	0.0450	0.2500
5	30	12	35	12	0.05	0	0.0500	0.2778
6	30	14.5	34.5	14	0.045	0.005	0.0453	0.2514
7	30	18	36	17.5	0.06	0.005	0.0602	0.3345
8	30.5	20	35	20	0.045	0	0.0450	0.2500
9	30.5	21.5	34.5	21.5	0.04	0	0.0400	0.2222
10	30.5	23.5	35	23.5	0.045	0	0.0450	0.2500
11	30	26	36	26	0.06	0	0.0600	0.3333
12	30.5	28	36.5	28.5	0.06	0.005	0.0602	0.3345
13	30.5	30	35	30	0.045	0	0.0450	0.2500
14	31	33	34	33	0.03	0	0.0300	0.1667
15	30	35	34	35.5	0.04	0.005	0.0403	0.2240
16	30	37	34	37	0.04	0	0.0400	0.2222
17	30	39.5	33.5	40	0.035	0.005	0.0354	0.1964
18	29.5	43	35	42.5	0.055	0.005	0.0552	0.3168
19	30.5	45.5	34	45.5	0.035	0	0.0350	0.1944

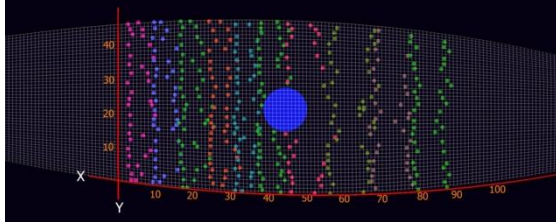
Tabel 4 Perhitungan kecepatan sekitar pilar lingkaran

No	Koordinat Titik (cm)				Jarak x (m)	Jarak y (m)	Perpindahan (m)	Kecepatan (m/detik)
	Frame 1		Frame 2					
	x	y	x	y				
	[1]	[2]	[3]	[4]				
				[5] = ([1] - [3])/100	[6] = ([2] - [4])/100	[7] = $\sqrt{[5]^2 + [6]^2}$	[8] = [7] / t	
1	31	1	33	1	0.02	0	0.0200	0.1124
2	31.5	2.5	35.5	2	0.04	0.005	0.0403	0.2265
3	32	4.5	35.5	4	0.035	0.005	0.0354	0.1986
4	31.5	6.5	36	5.5	0.045	0.01	0.0461	0.2590
5	32	9	32.5	7.5	0.005	0.015	0.0158	0.0888
6	32	11	32.5	9.5	0.005	0.015	0.0158	0.0888
7	31.5	12	36	10	0.045	0.02	0.0492	0.2767
8	33	14	36.5	12.5	0.035	0.015	0.0381	0.2139
9	31	16	34	15	0.03	0.01	0.0316	0.1777
10	32	17	37.5	16.5	0.055	0.005	0.0552	0.3103
11	31.5	18.5	38	17	0.065	0.015	0.0667	0.3748
12	31	20	34	20	0.03	0	0.0300	0.1685
13	32	22.5	38	21.5	0.06	0.01	0.0608	0.3417
14	32.5	24.5	36.5	25	0.04	0.005	0.0403	0.2265
15	32	27	38	27	0.06	0	0.0600	0.3371
16	32	29.5	35.5	30.5	0.035	0.01	0.0364	0.2045
17	32	31	36.5	31.5	0.045	0.005	0.0453	0.2544
18	32	33	37	34	0.05	0.01	0.0510	0.2865
19	32	35	36	37	0.04	0.02	0.0447	0.2512
20	31.5	38	36	38	0.045	0	0.0450	0.2528
21	32	40	37.5	40.5	0.055	0.005	0.0552	0.3103
22	32	42	38.5	43	0.065	0.01	0.0658	0.3695
23	32	45	35.5	45	0.035	0	0.0350	0.1966

Metode pengukuran kecepatan dengan PIV bisa menghasilkan kecepatan di berbagai titik yang berbeda dalam satu waktu yang sama. Dalam penelitian ini, dianalisis pada bagian sebelum pilar, sekitar pilar dan sesudah pilar. Hasil analisis jarak dengan titik-titik *sediment tracking* pada berbagai titik dapat dilihat pada **Gambar 13**.



(a)



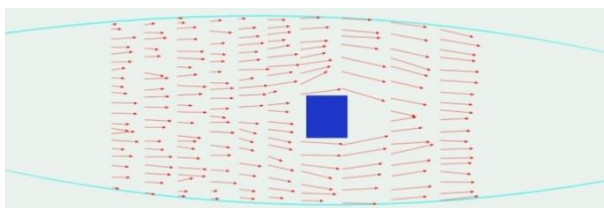
(b)

Gambar 13 Distribusi titik-titik partikel *sediment tracking* pada pilar (a) Persegi (b) Lingkaran

C. Analisis Pola Kecepatan Aliran

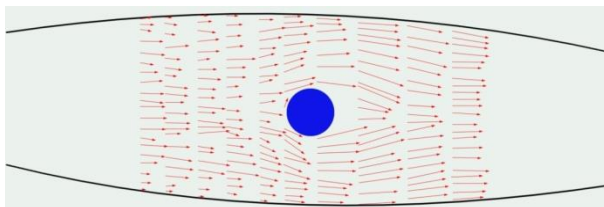
1. Vektor Kecepatan

Analisis vektor kecepatan dapat menggambarkan distribusi aliran yang terjadi di sekitar pilar. Arah panah menunjukkan arah aliran, panjang-pendeknya panah menunjukkan nilai kecepatan. Semakin panjang panah maka kecepatan semakin tinggi. Vektor kecepatan aliran disekitar pilar dapat terlihat pada **Gambar 14**.



Daerah sebelum pilar Daerah pengaruh pilar Daerah setelah pilar

(a)

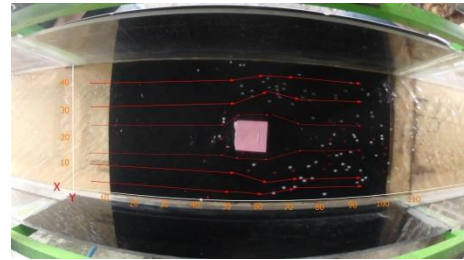


Daerah sebelum pilar Daerah pengaruh pilar Daerah setelah pilar

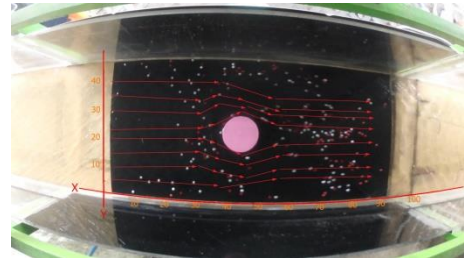
(b)

Gambar 14 Vektor kecepatan di sekitar pilar (a) Persegi (b) Lingkaran

2. Pola Aliran



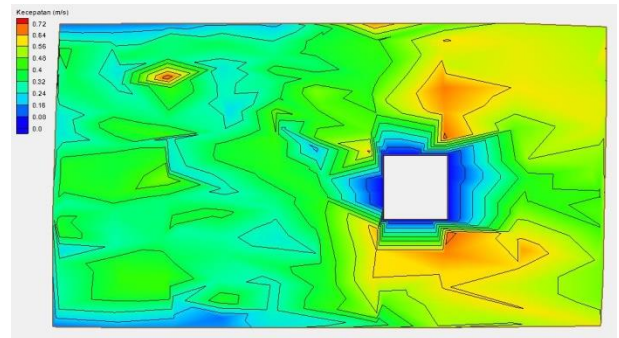
(a)



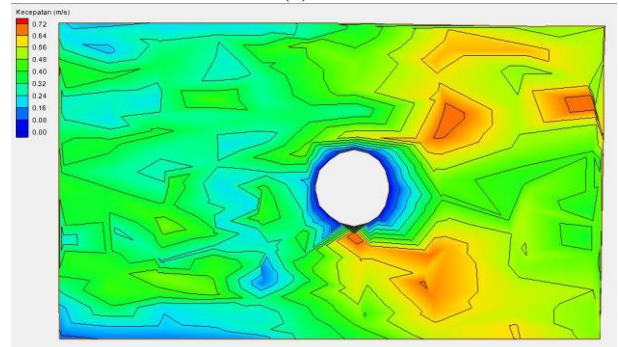
(b)

Gambar 15 Pola aliran

D. Kontur Kecepatan



(a)



(b)

Gambar 16 Kontur kecepatan di sekitar pilar (a) Persegi (b) Lingkaran

Berdasarkan pengamatan pada **Gambar 16** maka bentuk pilar yang mempengaruhi distribusi kecepatan aliran paling kecil yaitu pilar lingkaran. Pengaruh perlambatan aliran di sekitar pilar pada pilar lingkaran mempunyai area pengaruh yang lebih kecil dibandingkan dengan pilar persegi.

VI. KESIMPULAN DAN SARAN

1. Kesimpulan

1. Metode PIV (*Particle Image Velocimetry*) merupakan metode pengukuran kecepatan yang bagus untuk bisa mengetahui kecepatan di banyak titik dalam satu waktu.
2. Pola kecepatan aliran akibat adanya pilar jembatan mengalami perlambatan pada hulu pilar dan percepatan pada hilir pilar jembatan.
3. Pilar lingkaran mempunyai area pengaruh perlambatan aliran lebih kecil dibandingkan dengan persegi.

2. Saran

1. Lebih baik untuk menggunakan kamera dengan lensa datar dengan spesifikasi yang tinggi.
2. Menggunakan *sediment tracking* yang jenis atau lebih menyatu dengan aliran. Jika menggunakan bahan yang sama, untuk memvariasikan warna dari *sediment tracking* yang akan digunakan untuk bisa lebih akurat melihat perpindahan atau pergerakan partikel.
3. Dengan debit dan slope yang sama, area pengamatan/observasi perlu diperluas untuk mengamati pola kecepatan aliran pada hilir pilar yang telah memasuki distribusi normal (tidak terpengaruh pilar jembatan lagi).

DAFTAR PUSTAKA

- Mohamed, Norazizi, dkk. (1995). Channel Flow Structure Measurements Using Particle Image Velocimetry. *Malaysian Science and Technology Congress, Volume II*, 136-143.
- Muste, M., Fujita, I., Hauet, A. (2008). Large-scale Particle Image Velocimetry For Measurements in Riverine Environments. *Water Resources Research*, Vol. 44, W00D19.
- Prabowo, Irawan Eko. (2008). Pola aliran Permukaan Berbasis Pengolahan Citra Pada Model Fisik Hidraulik Dam Sei Tembesi. Thesis (S2). Universitas Gadjah Mada Yogyakarta.
- Rizal F., Rahardjo A. P., (2000). Pengembangan Metode Pengukuran Medan Kecepatan Aliran dengan

Metode Bayangan Partikel. *Forum Teknik Jilid 24, No. 1, 132 – 146*

Rahardjo P. A., Budiarto R., Prabowo, E. I. (2011) Pengembangan *Particle Image Velocimetry (PIV)* Berbasis Pengolahan Citra untuk Pengukuran Aliran 2D.

Triatmodjo, Bambang. 1996. *Mekanika Fluida*. Beta Offset :Yogyakarta