



**PENENTUAN REKOMENDASI KONSERVASI AIR
MENGUNAKAN METODE ITERASI JACOBI PADA
PONDOK PESANTREN ASSALAFY PUTRI**

AL-ASROR

Skripsi
Disusun sebagai salah satu syarat
untuk memperoleh gelar Sarjana Sains
Program Studi Matematika

oleh

Asyifatun Nisa

4111415006

**JURUSAN MATEMATIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG**

2019

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi berjudul

Penentuan Rekomendasi Konservasi Air Menggunakan Metode Iterasi Jacobi

Pada Pondok Pesantren Assalafy Putri Al – Asror

disusun oleh

Asyifatun Nisa

4111415006

telah dipertahankan di hadapan sidang Panitia Ujian Skripsi FMIPA Universitas

Negeri Semarang pada tanggal 16 Juli 2019 dan disahkan oleh Panitia Ujian.

Panitia:



Dr. Sugianto, M.Si.
NIP. 196102191993031001

Ketua Penguji

Dr. Rochmad, M.Si.
NIP 195711161987011001

Anggota Penguji/
Penguji II

Muhammad Kharis, M.Sc.
NIP 198210122005011001

Sekretaris

Drs. Arief Agoestanto, M.Si.
NIP. 196807221993031005

Anggota Penguji/
Pembimbing I

Dr. Tri Sri Noor Asih S.Si., M.Si.
NIP 197706142008122002

PERNYATAAN

Dengan ini, saya

nama : Asyifatun Nisa

NIM : 4111415006

program studi : Matematika

menyatakan bahwa skripsi berjudul “Penentuan Rekomendasi Konservasi Air Menggunakan Metode Iterasi Jacobi Pada Pondok Pesantren Assalafy Putri Al – Asror” ini benar-benar karya saya sendiri bukan jiplakan dari karya orang lain atau pengutipan dengan cara-cara yang tidak sesuai dengan etika keilmuan yang berlaku baik sebagian atau seluruhnya. Pendapat atau temuan orang atau pihak lain yang terdapat dalam skripsi ini telah dikutip atau dirujuk berdasarkan kode etik ilmiah. Atas pernyataan ini, saya secara pribadi siap menanggung resiko/sanksi hukum yang dijatuhkan apabila ditemukan adanya pelanggaran terhadap etika keilmuan dalam karya ini.

Semarang, 16 Juli 2019



Asyifatun Nisa
NIM. 4111415006

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

MOTTO

1. Dari Allah, untuk Allah. Orang tua yang, pertama Allah yang utama.
2. Tetap yakin, berusaha, bersyukur dan tersenyum dalam menghadapi apapun.
3. Kuatkanlah prinsip diri sendiri, jangan mudah goyah dan beranilah berbeda.

PERSEMBAHAN

1. Untuk kedua orangtuaku, Ibu Khalimah dan Bapak Komarudin yang telah mendoakan dan memberikan segala cinta kasihnya.
2. Untuk saudaraku, Mas Mufti Farij dan Aulia Zulfa yang selalu mendukung dan menguatkan di setiap perjalanan.
3. Untuk keluarga ndalem dan santri Pondok Durrotu Aswaja yang selalu mendampingi dan menyemangati.
4. Untuk guru, sahabat dan orang-orang terkasih yang telah memberikan semangat serta motivasi.
5. Untuk almamater, Universitas Negeri Semarang.

PRAKATA

Segala puji dan syukur penulis ucapkan ke hadirat Allah atas segala limpahan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Penentuan Rekomendasi Konservasi Air Menggunakan Metode Iterasi Jacobi Pada Pondok Pesantren Assalafy Putri Al-Asror”. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat meraih gelar Sarjana Sains pada Program Studi Matematika, Universitas Negeri Semarang. Shalawat serta salam disampaikan kepada junjungan kita Nabi Muhammad, semoga mendapatkan syafaatnya di hari akhir nanti.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak. Untuk itu, penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada:

1. Prof. Dr. Fathur Rokhman, M.Hum., Rektor Universitas Negeri Semarang.
2. Dr. Sugianto, M.Si., Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Semarang.
3. Drs. Arief Agoestanto, M.Si., Ketua Jurusan Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Semarang.
4. Dr. Tri Sri Noor Asih S.Si. M.Si., Dosen Pembimbing yang telah memberikan bimbingan, arahan, dan saran kepada penulis dalam menyusun skripsi ini.
5. Dr. Rochmad, M.Si., dan Muhammad Kharis, M.Sc., Dosen Penguji yang telah memberikan bimbingan, arahan, dan saran kepada penulis dalam menyusun skripsi ini.

6. Bapak dan Ibu dosen Jurusan Matematika, yang telah memberikan bimbingan dan ilmu kepada penulis selama menempuh pendidikan.
7. Keluargaku, keluarga ndalem, santri Pondok Pesantren Durrotu Aswaja, dan teman-teman mahasiswa Program Studi Matematika UNNES angkatan 2015, yang selalu berbagi rasa dalam suka duka, dan atas segala bantuan dan kerja samanya dalam menempuh studi.
8. Eva Fitriana dan Meyes Isna yang selalu mendukung dan terus menyemangati.
9. Semua pihak yang turut membantu dalam menyusun skripsi ini yang tidak dapat disebutkan namanya satu persatu.

Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi penulis dan para pembaca.

Terima kasih.

Semarang, Juli 2019

Penulis

ABSTRAK

Nisa, A. 2019. Penentuan Rekomendasi Konservasi Air Menggunakan Metode Iterasi Jacobi Pada Pondok Pesantren Assalafy Putri Al-Asror. Skripsi, Jurusan Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Semarang. Pembimbing Dr. Tri Sri Noor Asih S.Si., M.Si.

Kata Kunci : Konservasi Air, Pemodelan, Metode Iterasi Jacobi, Visual Basic 6.0.

Penelitian ini bertujuan memodelkan persamaan untuk menghitung rata-rata banyak air yang akan digunakan untuk beraktivitas. Dengan cara mencari data yang akan dimodelkan pada persamaan berupa aktivitas penggunaan air pada pondok Pesantren Assalafy Putri Al-Asror. Data dihasilkan dari pengisian angket berupa aktivitas penggunaan air pada beberapa lokasi. Kemudian data dimodelkan menjadi suatu persamaan. Persamaan menghasilkan rata-rata penggunaan air yang divergen. Untuk menerapkan konservasi air agar menghasilkan penyelesaian rata-rata yang lebih optimal dan konvergen maka persamaan dimodelkan ulang menjadi dominan secara diagonal dengan cara menukar persamaan dan merubah koefisien-koefisien persamaan. Kemudian persamaan dihitung menggunakan Iterasi Jacobi yang dapat dihitung dengan Gauss Jordan, Iterasi Jacobi, Ms. Excel dan Visual Basic.

Hasil yang diperoleh dari penelitian ini adalah rekomendasi konservasi penggunaan air yang dapat digunakan untuk beberapa aktivitas, yaitu mandi, wudhu, mencuci dan menggosok gigi. Hasil rekomendasi digunakan untuk mengurangi penggunaan air. Hasil rekomendasi berupa rata-rata banyak air yang digunakan dan banyaknya penggunaan bak kamar mandi dan bak wudhu. Rekomendasi rata-rata penggunaan aktivitas untuk mandi adalah 20.8 liter. Rata-rata banyak air yang digunakan untuk wudhu adalah 3.97 liter. Rata-rata banyak air yang digunakan untuk mencuci adalah 5.34 liter. Rata-rata banyak air yang digunakan untuk menggosok gigi adalah 1.5 liter. Adapun Rekomendasi penggunaan kamar mandi atas untuk aktivitas mandi sebanyak 250 kali/hari, untuk wudhu sebanyak 180 kali/hari, untuk aktivitas mencuci sebanyak 11 kali/hari, untuk aktivitas menggosok gigi 17 kali/hari. Rekomendasi penggunaan bak wudhu atas untuk aktivitas wudhu sebanyak 475 kali/hari, untuk aktivitas mencuci sebanyak 21 kali/hari, untuk aktivitas menggosok gigi 5 kali/hari. Rekomendasi penggunaan bak wudhu bawah untuk aktivitas wudhu sebanyak 160 kali/hari, untuk aktivitas mencuci sebanyak 179 kali/hari, untuk aktivitas menggosok gigi 13 kali/hari. Rekomendasi penggunaan kamar mandi bawah untuk aktivitas mandi sebanyak 180 kali/hari, untuk wudhu sebanyak 195 kali/hari, untuk aktivitas mencuci sebanyak 9 kali/hari, untuk aktivitas menggosok gigi 389 kali/hari. Saran dari penelitian ini yaitu mencari metode dan pola untuk membuat persamaan yang lebih optimal.

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
PERNYATAAN.....	iii
MOTTO DAN PERSEMBAHAN	iv
PRAKATA.....	v
ABSTRAK	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiii
1 BAB I	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	8
1.3 Tujuan Penelitian.....	9
1.4 Batasan Masalah.....	9
1.5 Manfaat Penelitian.....	10
1.5.1 Manfaat Teoritis	10
1.5.2 Manfaat Praktis.....	10
2 BAB II	12
2.1 Sumber Daya Air.....	12
2.2 Konservasi Air.....	13
2.1 Pemodelan Matematika	15
2.3.1. Sistem Persamaan Linear	20
2.3.2. Solusi Sistem Persamaan Linear	21
2.2 Metode Iterasi Jacobi.....	22
2.4.1 Definisi Iterasi Jacobi	24
2.4.2 Dominan Secara Diagonal	25
2.4.3 Iterasi Jacobi	25
2.4.4 Penyempurnaan Iterasi Jacobi	28
2.4.5 Teorema Konvergensi Pada Iterasi Jacobi.....	30
2.4.6 Modifikasi Metode Iterasi Jacobi untuk Z-Matriks	30
2.3 Penyelesaian Metode Iterasi Jacobi.....	31

2.5.1 Iterasi Jacobi Dalam Ms. Excel.....	31
2.5.2 Konsep Dasar Pemrograman Dalam Visual Basic 6.0	31
2.4 Kerangka Berpikir	35
3 BAB III	35
3.1 Ruang Lingkup	35
3.1.1 Tempat Penelitian	35
3.1.2 Waktu Penelitian	35
3.2 Prosedur Pengumpulan Data	35
3.2.1 Metode Observasi	36
3.2.2 Metode Wawancara	36
3.2.3 Metode Pembagian Angket	36
3.3 Pemodelan Data.....	36
3.3.1 Variabel Penelitian	36
3.3.2 Konstanta	37
3.3.3 Koefisien Variabel	37
3.4 Pembuatan Persamaan Linear.....	37
3.5 Penyelesaian Persamaan Linear	38
3.6 Penyelesaian Metode Iterasi Jacobi.....	38
3.7 Pembuatan Program Visual Basic	38
3.8 Penyelesaian Menggunakan Visual Basic	38
3.9 Pembuatan Persamaan Baru yang Dominan Secara diagonal	38
3.10 Tahapan Penelitian	38
3.11 Prosedur Penelitian	39
3.11.1 Tahap Persiapan	39
3.11.2 Tahap Pelaksanaan	40
4 BAB IV	41
4.1. Data Observasi	41
4.2. Data Wawancara.....	42
4.2.1.Pemodelan Persamaan	42
4.3. Data Pengisian Angket	44
4.3.1.Pembentukan Sistem Persamaan Linear.....	47
4.3.2.Penyelesaian Persamaan Menggunakan Gauss Jordan.....	48

4.3.3. Penyelesaian Persamaan Iterasi Menggunakan Ms. Excel.....	52
4.3.4. Penyelesaian Persamaan Menggunakan Visual Basic.....	54
4.3.5. Hasil Penyelesaian Persamaan	58
4.4. Rekomendasi Konservasi Penggunaan Air	59
4.4.1. Pembentukan Sistem Persamaan Linear Baru	59
4.4.2. Penyelesaian Persamaan Menggunakan Gauss Jordan.....	65
4.4.3. Penyelesaian Persamaan Menggunakan Iterasi Jacobi.....	67
4.4.4. Penyelesaian Persamaan Menggunakan Ms. Excel.....	68
4.4.5. Penyelesaian Persamaan Menggunakan Visual Basic.....	69
4.4.6. Hasil Penyelesaian Persamaan	70
4.4.7. Hasil Rekomendasi Kosnservasi Penggunaan Air	71
5 BAB V.....	73
DAFTAR PUSTAKA	74
LAMPIRAN.....	77

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Data Lokasi Pengguna Air	5
Tabel 4.1 Data Lokasi Air	41
Tabel 4.2 Data Aktivitas Air Dalam Sehari	44

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Lokasi Kamar Mandi Atas	5
Gambar 1.2 Lokasi Kamar Mandi Bawah	5
Gambar 2.1 Skema Pemodelan Matematika	18
Gambar 2.2 Kerangka Berpikir	35
Gambar 4.1 Tampilan Awal Pada Ms. Excel	41
Gambar 4.2 Tampilan Penulisan Persamaan Pada Ms. Excel	52
Gambar 4.3 Tampilan Asumsi Nilai Awal Pada Ms. Excel	52
Gambar 4.4 Tampilan Lalaran Pertama x_1 Pada Ms. Excel	52
Gambar 4.5 Tampilan Lalaran Pertama x_2 Pada Ms. Excel	53
Gambar 4.6 Tampilan Lalaran Pertama x_3 Pada Ms. Excel	53
Gambar 4.7 Tampilan Iterasi Pertama x_4 Pada Ms. Excel	53
Gambar 4.8 Tampilan Iterasi Divergen Pada Ms. Excel	53
Gambar 4.10 Tampilan Form Konservasi_Air	54
Gambar 4.11 Tampilan Pseudocode Hitung	55
Gambar 4.12 Tampilan Pseudocode Clear All	56
Gambar 4.13 Tampilan Penulisan Persamaan Pada Frame Tulis_Persamaan	56
Gambar 4.14 Tampilan Icon Untuk Perintah Menghitung	56
Gambar 4.15 Tampilan Hasil Kekonvergenan Perhitungan	57
Gambar 4.16 Tampilan Hasil Lalaran dan Galat Perhitungan	57
Gambar 4.17 Tampilan Hasil Iterasi Jacobi	57
Gambar 4.18 Tampilan Iterasi Pertama x_1, x_2, x_3, x_4 Pada Ms. Excel	68
Gambar 4.19 Tampilan Iterasi Jacobi Pada Ms. Excel	68
Gambar 4.20 Tampilan Kekonvergenan Iterasi ke 17 Pada Ms. Excel	69
Gambar 4.21 Tampilan Penulisan Persamaan Frame Tulis_Persamaan	69
Gambar 4.22 Tampilan Icon Untuk Perintah Menghitung	69
Gambar 4.23 Tampilan Hasil Kekonvergenan Perhitungan	70
Gambar 4.24 Tampilan Hasil Lalaran dan Galat Perhitungan	70
Gambar 2.25 Tampilan Hasil Iterasi Jacobi	70

DAFTAR LAMPIRAN

<i>Lampiran 1</i> Iterasi Jacobi.....	77
<i>Lampiran 2</i> Tampilan Program Konservasi Air Pada Visual Basic	78
<i>Lampiran 3</i> Kode Program Hitung	79
<i>Lampiran 4</i> Kode Program <i>Clear</i> and <i>Exit</i>	83
<i>Lampiran 5</i> Lokasi Kamar Mandi Pondok Assalafy Putri Al-Asror	84
<i>Lampiran 6</i> Wawancara Pada Pengurus Pondok Pesantren Al-Asror	85
<i>Lampiran 7</i> Kisi-Kisi Kuesioner.....	87
<i>Lampiran 8</i> Kuesioner Penggunaan Air Pada Santri Pondok Al-Asror.....	88
<i>Lampiran 9</i> Data Hasil Kuesioner	89
<i>Lampiran 10</i> Perhitungan Pembentukan Koefisien Persamaan	90
<i>Lampiran 11</i> Perhitungan Pembentukan Koefisien Persamaan	92
<i>Lampiran 12</i> Perhitungan Pembentukan Koefisien Persamaan	94
<i>Lampiran 13</i> Perhitungan Pembentukan Koefisien Persamaan	97
<i>Lampiran 14</i> Data Hasil Pengisian Kuesioner	98

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Air merupakan kebutuhan primer bagi manusia yang sangat penting untuk aktivitas sehari-hari seperti memasak, mencuci, mandi dan lain sebagainya. Kebutuhan manusia bergantung pada air, namun hanya sedikit yang mengerti sulitnya menghasilkan air bersih dalam jumlah yang cukup. Kebutuhan air pada masyarakat selalu bertambah setiap hari, bukan karena bertambahnya jumlah masyarakat yang memerlukan air, melainkan karena bertambahnya intensitas dan ragam dari kebutuhan penggunaan air (Silalahi, 2002). Naik turunnya tingkat konsumsi air bagi masyarakat sangat berkorelasi dengan kondisi sosial ekonomi masyarakat tersebut. Pada pondok pesantren, cara penggunaan air sangat bermacam-macam. Hal tersebut disebabkan karena setiap santri memiliki pemikiran sendiri dalam penggunaan air. Untuk menjaga keberadaan air supaya mencukupi kebutuhan maka perlu diterapkan perilaku konservasi air. Salah satu tindakan konservasi air pada kehidupan sehari-hari adalah menggunakan air secara hemat. Konservasi air merupakan aspek penting untuk pengelolaan sumber daya air. Kualitas sumber daya air dapat berubah dengan cara meningkatkan pemanfaatan air (Abduh, 2018). Pemanfaatan air atau konservasi air dapat dilakukan dengan menggunakan air sesuai kapasitas dan kebutuhannya.

Konservasi air yaitu tindakan menggunakan air dengan menjaga dan menyesuaikan keberadaan air supaya dapat berfungsi secara lestari. Tujuan konservasi air adalah menjaga keberadaan dan keberlanjutan sumber daya air

supaya tidak terjadi kekeringan (Hutagaot, 2015) . Diperlukan upaya konservasi dan penghematan agar sumber daya air terlindungi, seperti dalam Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 7 Tahun 2004 tentang Sumber Daya Air. Cara melakukan konservasi air yaitu memelihara lingkungan dan berhemat dalam menggunakan air dengan menggunakan air sesuai rata-rata yang dihasilkan dari rekomendasi. Rekomendasi konservasi air dapat diselesaikan menggunakan pemodelan dalam ilmu matematika.

Ilmu Matematika merupakan suatu ilmu yang dapat digunakan untuk menyelesaikan permasalahan. Istilah Matematika berasal dari bahasa Yunani, *mathein* atau *manthenien* yang artinya mempelajari. Kata matematika diduga erat hubungannya dengan kata *Sangsekerta*, *medha* atau *widya* yang artinya kepandaian, ketahuan atau intelegensia (Subarinah, 2006). Matematika digunakan diberbagai daerah sebagai media penting untuk berbagi dan mendapatkan bermacam-macam ilmu (Rapar, 1996). Kemampuan seseorang pada matematika yang dapat menyesuaikan masa depan yang produktif (NCTM, 2017). Seperti matematika terapan yang dapat menerapkan pengetahuan matematika ke berbagai bidang, sehingga menghasilkan dan membuat penggunaan temuan matematika terbaru, dan terkadang perkembangannya dapat mengarah pada pengembangan disiplin ilmu lainnya. Kemampuan matematika berkaitan erat dengan pemahaman seseorang terhadap konsep matematika, karena pemahaman matematika merupakan hal yang sangat penting dalam pembelajaran matematika ataupun ilmu lainnya (Susanto, 2015).

Matematika terapan dalam penelitian ini dilakukan pada permasalahan yang dapat dimodelkan menjadi pemodelan matematika dengan menerapkan sistem persamaan linear. Sistem persamaan linear merupakan salah satu bagian dari aljabar linear yang dipelajari dalam matematika (Ayres & Schmidt : 2004). Model sistem persamaan linear dapat dihasilkan dari penelitian dan pengambilan data pada permasalahan Pondok Pesantren Assalafy Putri Al-Asror berupa aktivitas pengguna air dan kapasitas air yang tersedia. Sistem persamaan linear dapat dihitung menggunakan iterasi Jacobi agar menghasilkan penyelesaian yang konvergen dengan syarat persamaan-persamaan yang dimodelkan dominan secara diagonal. Sistem persamaan tersebut apabila dihitung menggunakan metode eliminasi, substitusi, dan determinan maka sulit untuk menyelesaikannya, karena sistem persamaan linear yang terdiri dari n persamaan dengan $n > 3$, sehingga digunakan metode iterasi (Marzuki, Corry, & Herawati, 2015). Dari perhitungan iterasi persamaan dapat menghasilkan penyelesaian berupa himpunan rata-rata jumlah air yang digunakan dalam aktivitas sehari-hari untuk menerapkan konservasi air.

Konservasi air adalah perilaku yang bertujuan mengurangi penggunaan air bersih (Arsyad, 2006). Konservasi air memerlukan sikap sadar dan peduli terhadap kapasitas air yang terdapat pada lingkungan tersebut. Perilaku konservasi air tersebut dirancang untuk mengatur penggunaan air sesuai kebutuhan sehari-hari. Konservasi air bertujuan untuk menjaga kelangsungan keberadaan air agar mencukupi daya tampung dan sumber daya air (UU RI No.7 Tahun 2004 tentang Sumber Daya Air). Konservasi air merupakan upaya komprehensif untuk

pengamanan, pelestarian, sumber daya air, dan lingkungan ekosistem. Upaya komprehensif tersebut merupakan penghematan konsumsi yang diharapkan mampu menangani permasalahan yang terkait. Namun upaya strategi ini dapat senantiasa berbenturan dengan rendahnya kesadaran, kepedulian, dan partisipasi masyarakat dalam upaya konservasi air. Rekomendasi konservasi air dapat dicoba diterapkan pada permasalahan Pondok Pesantren Assalafy Putri Al-Asror, sehingga dapat menghemat dalam penggunaan air. Kebutuhan dalam penggunaan berupa air merupakan kebutuhan yang tidak dapat berhenti digunakan masyarakat, sehingga harus dijaga dan dimanfaatkan semaksimal mungkin sesuai dengan kapasitas.

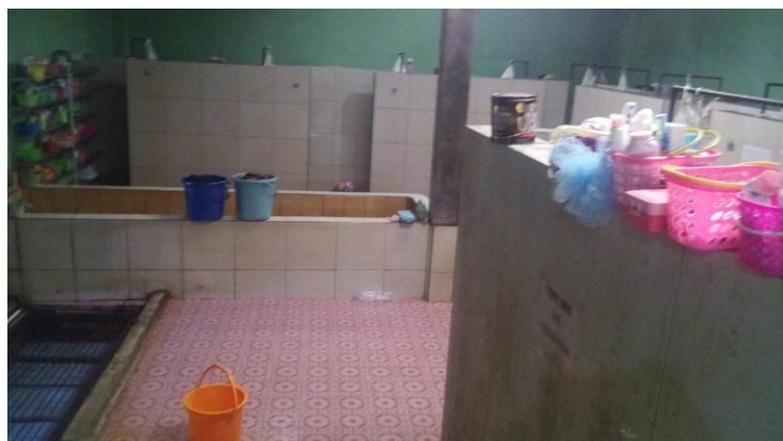
Pondok Pesantren Assalafy Al-Asror merupakan Yayasan yang mempunyai beberapa unit pendidikan antara lain Pondok Pesantren As Salafy Al-Asror, Madrasah Diniyah Salafiyah Al-Asror, Madrasah Tsanawiyah (MTs) Al Asror, Madrasah Aliyah (MA) Al-Asror dan SMK Al-Asror. Pondok Pesantren Assalafy Putri Al-Asror berdiri sekitar tahun 1987, didirikan oleh (Alm) Abah Kiai Zubaidi. Hingga saat ini Pondok Pesantren Assalafy Putri Al-Asror berkembang dengan pengasuh Bapak Kyai Almamnuhin Kholid. Pondok Pesantren Assalafy Putri Al-Asror berlokasi di Jl. Legoksari Raya No. 01 Patemon, Kec. Gunungpati Kota Semarang. Pondok Pesantren Assalafy Putri Al-Asror memiliki 2 lokasi Kamar mandi, yaitu lokasi atas dan lokasi bawah. Lokasi terpisahkan oleh anak tangga. Pada lokasi atas terdapat 8 kamar mandi, 4 keran dan satu bak wudhu. Pada lokasi bawah terdapat 11 kamar mandi, 6 keran dan satu bak wudhu. Santri pada Pondok Pesantren Assalafy Putri Al-Asror sangat beragam. Mereka berasal

dari bermacam-macam daerah, sehingga setiap santri memiliki karakter dan pemikiran yang bermacam-macam dalam penggunaan air. Data lokasi pengguna air dapat dilihat pada Tabel 1.1.

No.	Lokasi	Kamar Mandi	Bak Wudhu
1.	Atas	8	1
2.	Bawah	11	1



Gambar 1.1 Lokasi Kamar Mandi Atas



Gambar 1.2 Lokasi Kamar Mandi Bawah

Pondok Pesantren Assalafy Putri Al-Asror dapat menerapkan perilaku konservasi air pada santri agar pengguna air terpantau, sehingga kebutuhan air santri hemat dan selalu terpenuhi. Setiap santri memiliki cara yang berbeda-beda

dalam mengatur dan menggunakan air. Penggunaan air semakin tinggi karena bertambahnya jumlah santri pada setiap tahun. Tidak adanya peraturan yang pasti untuk menggunakan air dengan hemat, menjadikan semua santri bebas dalam menggunakan air. Untuk menerapkan peraturan pengguna air maka dapat menghitung rekomendasi penggunaan air. Rekomendasi penggunaan air berupa nilai rata-rata banyak air yang dapat digunakan sesuai dengan kapasitas dan kebutuhan agar dapat menghemat dalam penggunaan air, kemudian peraturan penggunaan air dapat ditegaskan.

Rekomendasi Penggunaan air dapat dihitung dengan cara memodelkan matematika dalam bentuk sistem persamaan linear yang mensubstitusikan permasalahan menjadi bentuk matematika. Bentuk matematika yang dimaksud berupa variabel $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$ yang mewakili banyak aktivitas air yang digunakan, misalnya mandi, mencuci, berwudhu ataupun aktivitas lainnya. Hasil digunakan untuk melakukan perilaku konservasi air. Sistem persamaan linear dapat diselesaikan dengan dua metode. Metode pertama yaitu secara langsung, yang biasanya disebut metode eksak. Metode tersebut di antaranya metode invers, eliminasi, substitusi, dekomposisi LU, dekomposisi Cholesky, dekomposisi QR, dekomposisi Crout, dan dekomposisi ST. Metode kedua biasanya dikenal dengan metode tidak langsung atau metode iterasi. Metode iterasi dibagi menjadi tiga yaitu metode iterasi Jacobi, metode Newton, dan metode Gauss Seidel (Marzuki et al., 2015). Metode penyelesaian sistem persamaan linear dalam hal ini dilakukan menggunakan metode iterasi Jacobi.

Metode iterasi Jacobi merupakan salah satu metode numerik yang digunakan untuk menyelesaikan permasalahan persamaan linear. Metode ini ditemukan oleh matematikawan yang berasal dari Jerman, Carl Gustav Jakob Jacobi pada tahun 1800 (Marzuki et al., 2015). Metode iterasi Jacobi merupakan salah satu metode tidak langsung, yaitu bermula dari suatu hampiran penyelesaian awal dan kemudian menghasilkan hampiran yang tidak berhingga dengan langkah konvergen. Metode iterasi Jacobi digunakan untuk menghitung rekomendasi konservasi air karena sistem persamaan linearnya berukuran besar dan perbandingan koefisien nolnya besar. Teknik penyelesaian pada metode iterasi Jacobi yaitu dengan sistem persamaan linear berukuran $n \times n$, $AX = B$, proses penyelesaian dimulai dengan suatu hampiran awal terhadap penyelesaian x_0 . Kemudian membentuk suatu serangkaian iterasi x_1, x_2, \dots, x_n yang konvergen ke x yang dapat dijadikan hasil akhir penyelesaian sistem persamaan linear (Physich, 2015). Hasil iterasi pada sistem persamaan linear ini merupakan variabel dari asumsi-asumsi permasalahan yang dapat menentukan rata-rata penggunaan air pada setiap aktivitas dan direkomendasikan dalam konservasi penggunaan air.

Metode iterasi Jacobi dapat diselesaikan menggunakan Ms. Excel dan Visual Basic. Ms. Excel dan Visual Basic dapat mengolah data untuk memudahkan pengguna agar menemukan penyelesaian tanpa harus menghitung iterasi Jacobi secara manual. Pengolahan data konservasi air dilakukan menggunakan Ms. Excel untuk memudahkan pengguna dalam menghitung dan memahami metode iterasi Jacobi. Hal ini dikarenakan pemakaian iterasi pada Ms. Excel masih dasar dan tidak asing bagi para pengguna komputer yang mayoritas

menggunakan Ms. Excel untuk mengolah data. Ketika pengolahan data konservasi air dilakukan menggunakan Visual Basic, setiap orang hanya dapat menggunakan program siap pakai, karena hanya ahli komputer yang dapat membuat program pada suatu software. Pada Visual Basic dapat dibuatkan program olah data untuk menghasilkan penyelesaian berupa rata-rata penggunaan air. Program pengolahan data tersebut dapat dengan mudah diterapkan dalam melakukan perhitungan untuk merekomendasikan konservasi air pada tempat lain menggunakan metode iterasi Jacobi. Program pada Visual Basic dapat mengolah data persamaan, ketika diinputkan data berupa persamaan maka menghasilkan output himpunan penyelesaian persamaan. Himpunan penyelesaian dapat disimpulkan untuk menyelesaikan permasalahan penggunaan air. Penyelesaian ini menggunakan program olah data pada Visual Basic karena proses pembelajaran bahasa pemrograman menggunakan Visual Basic singkat dibandingkan seperti Delphi, Java, C++. Visual Basic merupakan bahasa pemrograman yang mudah dioperasikan dan dipelajari struktur bahasa pemrogramannya. Seorang pemula bisa dengan mudah mempelajari dan membuat aplikasi pada Visual Basic. Oleh karena itu peneliti menjelaskan cara membuat dan menjalankan program pengolahan data pada Visual Basic untuk memudahkan dalam menghitung dan merekomendasikan perhitungan konservasi penggunaan air.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan di atas, maka rumusan masalah yang akan dikaji dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Bagaimana cara memodelkan permasalahan konservasi air pada Pondok Pesantren Assalafy Putri Al-Asror menggunakan sistem persamaan linear dan menyelesaikannya menggunakan metode iterasi Jacobi?
2. Bagaimana cara membuat program iterasi Jacobi menggunakan program pada Visual Basic untuk menghitung persamaan dengan metode iterasi Jacobi?
3. Bagaimana hasil rekomendasi konservasi air menggunakan metode iterasi Jacobi pada Pondok Pesantren Al-Asror?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan permasalahan yang telah dirumuskan, maka tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Mengetahui cara memodelkan permasalahan konservasi air pada Pondok Pesantren Assalafy Putri Al-Asror menggunakan sistem persamaan linear untuk diterapkan pada metode iterasi Jacobi.
2. Membuat program iterasi Jacobi menggunakan Visual Basic untuk menghitung persamaan dengan metode iterasi Jacobi.
3. Menentukan rekomendasi penggunaan air menggunakan metode iterasi Jacobi pada Pondok Pesantren Al-Asror.

1.4 Batasan Masalah

Berdasarkan rumusan masalah tersebut, maka batasan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Dalam penelitian ini akan dicari rata-rata jumlah air yang digunakan dalam tiap aktivitas sebagai bentuk konservasi air.

2. Penelitian dilakukan dengan melakukan wawancara, pengisian angket dan observasi masalah untuk memodelkan permasalahan menggunakan sistem persamaan linear.
3. Metode yang digunakan untuk menyelesaikan masalah yaitu dengan Metode iterasi Jacobi.
4. Menghitung iterasi Jacobi menggunakan Ms. Excel dan program yang dibuat pada Visual Basic.

1.5 Manfaat Penelitian

1.5.1 Manfaat Teoritis

Manfaat teoritis dalam penelitian ini adalah untuk menerapkan pemodelan matematika pada permasalahan nyata. Permasalahan diasumsikan ke dalam sistem persamaan linear. Sistem persamaan linear akan dihitung menggunakan iterasi Jacobi agar menghasilkan penyelesaian yang konvergen dengan syarat persamaan-persamaan yang dimodelkan dominan secara diagonal. Persamaan akan menghasilkan penyelesaian berupa himpunan rekomendasi rata-rata jumlah air yang digunakan dalam aktivitas sehari-hari untuk menerapkan konservasi air.

1.5.2 Manfaat Praktis

1.5.2.1 Bagi Peneliti

1. Memperoleh pelajaran dan pengalaman dalam melakukan penelitian pada permasalahan nyata.
2. Menambah wawasan tentang pemodelan matematika menggunakan sistem persamaan linear dan diterapkan pada metode iterasi Jacobi untuk menghitung penggunaan air.

3. Mengetahui penerapan materi menggunakan metode iterasi Jacobi.
4. Mengetahui cara menghitung penggunaan air dalam konservasi air.

1.5.2.2 Bagi Santri

1. Membantu mengetahui cara menghemat penggunaan air.
2. Mengetahui cara pembagian penggunaan air secara seimbang sesuai kapasitasnya.
3. Pengolahan air dapat teratur sehingga mengurangi pemborosan dan menjaga kekurangan air.

1.5.2.3 Bagi Tempat Penelitian

1. Lingkungan menjadi lingkungan konservasi air.
2. Sumber daya air terlindungi.
3. Kapasitas air mencukupi kebutuhan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sumber Daya Air

Air adalah suatu senyawa yang sangat penting dan istimewa bagi kehidupan di bumi. Air juga merupakan salah satu sumber kekuatan dan energi yang ada di bumi. Hampir 71% permukaan bumi ditutupi oleh air, namun air permukaan secara kuantitatif semakin lama ketersediaannya semakin terbatas dan secara kualitatif semakin lama semakin menurun (Press, 2008). Sekitar tiga per empat bagian tubuh manusia juga terdiri dari air, dan tidak akan ada makhluk hidup yang mampu bertahan hidup tanpa air. Air merupakan suatu pelarut yang penting, dimana air memiliki kemampuan untuk melarutkan banyak zat kimia lainnya, seperti garam-garam, gula, asam, serta beberapa jenis gas dan banyak macam molekul organik. Oleh karena itu air merupakan sumber daya yang harus dilindungi. Sumber daya air sangat luas dan dapat dimanfaatkan dalam penggunaan kehidupan sehari-hari. Dalam penggunaan air kita juga harus melihat kapasitas air agar kebutuhan dalam kehidupan tercukupi.

Kapasitas air dan semua potensi yang terdapat pada air dan sumber air merupakan kekayaan hewani sarana dan prasarana air yang dapat dimanfaatkan, namun tidak termasuk kekayaan hewani yang ada di dalamnya merupakan Sumber daya air. Sumber daya air juga merupakan sumber daya berupa air yang berguna atau potensial untuk digunakan manusia. Kegunaan air meliputi penggunaan di bidang pertanian, Industri, rumah tangga, rekreasi, dan aktivitas lingkungan. Saat ini, masalah utama yang dihadapi oleh sumber daya air meliputi

kualitas air yang sudah tidak mampu memenuhi kebutuhan yang terus meningkat. Kualitas air untuk keperluan domestik yang semakin menurun, untuk melindungi sumber daya air manusia dapat menerapkan konservasi air pada kehidupan sehari-hari, sehingga air tidak digunakan dengan boros dan kebutuhan air akan terpenuhi setiap hari. Akibatnya ketersediaan air dapat memenuhi jangka panjang dan berkelanjutan. Salah satu cara melindungi sumber daya air yaitu dengan melakukan kegiatan konservasi air.

2.2 Konservasi Air

Secara harfiah konservasi berasal dari bahasa Inggris yang berarti pelestarian, namun diterjemahkan menurut Peraturan Pemerintah RI No. 7 Th. 1999 sebagai pengawetan, yaitu suatu upaya untuk menjaga keanekaragaman jenis tumbuhan dan satwa beserta ekosistemnya baik di dalam maupun di luar habitatnya tidak punah. Upaya pengawetan tersebut juga dapat bertujuan untuk meningkatkan volume air, efisien penggunaannya dan memperbaiki kualitasnya sesuai dengan peruntukannya (Suripin, 2005). Upaya konservasi dapat dipahami kepada masyarakat tentang perlunya menggunakan air dengan hemat sesuai dengan kebutuhan dan kapasitas, kemudian dapat diterapkan pada seluruh masyarakat untuk melakukan konservasi air. Menurut ilmu lingkungan, Konservasi adalah cara efisiensi dari penggunaan air, energi, transmisi, produksi, atau distribusi yang berakibat pada pengurangan pengkonsumsian (Prihanto, 2011). Berdasarkan peraturan perundang-undangan, Konservasi adalah pengelolaan sumber daya alam hayati, yang pemanfaatannya akan dilakukan secara bijaksana untuk menjamin kesinambungan persediaan dengan tetap

memelihara dan meningkatkan kualitas keanekaragaman air dan nilainya. Oleh karena itu dapat disimpulkan bahwa konservasi air yaitu cara mengelola pengeluaran air sesuai dengan jumlah kapasitas air yang ada. Pengeluaran akan dihitung dan menghasilkan rata-rata yang dapat digunakan pada kehidupan sehari-hari. Penggunaan air dengan memanfaatkan air secukupnya namun tetap memelihara dan meningkatkan kualitas keanekaragaman dan nilainya. Konservasi air akan diterapkan sebagai sistem persamaan linear. Persamaan tersebut akan diselesaikan menggunakan metode iterasi Jacobi. Metode iterasi Jacobi merupakan metode iterasi yang menggunakan nilai awal pada prosesnya sehingga diperoleh nilai dengan kesalahan yang relatif kecil. Sehingga kita akan mengetahui rata-rata penggunaan air sesuai dengan kapasitasnya. Untuk membandingkan rata-rata agar bisa direkomendasikan konservasi air terdapat penelitian yang menghasilkan rata-rata konsumsi penggunaan air. Hasil penelitian di 8 kota di Indonesia menunjukkan konsumsi air rata-rata sebanyak 138,5 liter/orang (Slamet, 1996) dengan perincian sebagai berikut.

1. Untuk mandi : 12,0 liter/orang
2. Untuk Minum : 2,0 liter/orang
3. Untuk Cuci Pakaian : 10,7 liter/orang
4. Untuk Kebersihan Rumah : 31,4 liter/orang
5. Untuk Taman : 11,8 liter/orang
6. Untuk Cuci Kendaraan : 21,1 liter/orang
7. Untuk Wudhu : 3,24 liter/kali
8. Lain-lain : 33,3 liter/orang

2.1 Pemodelan Matematika

Pemodelan merupakan tahapan dalam membuat model dari suatu sistem pada lingkungan nyata. Adakalanya lingkungan nyata terlalu rumit sehingga sekedar untuk mengkomunikasikan dengan orang lain diperlukan sebuah model yang benar-benar menyerupai. Sebuah model diperlukan bilamana percobaan dengan sistem nyata merupakan sesuatu yang tidak mungkin untuk dilakukan. Model matematik adalah proses ideal dari sistem nyata yang dijabarkan atau dinyatakan dalam bentuk simbol dan pernyataan matematik. Dengan kata lain model matematik menyerupai sebuah sistem dalam bentuk hubungan kuantitatif dan logika, berupa suatu persamaan matematik. Ketika menetapkan suatu model, perlu untuk memberikan nilai-nilai kuantitatif terhadap beberapa besaran yang tidak diketahui. Nilai kuantitatif dapat berupa parameter. Sebuah model memerlukan ringkasan ideal sedemikian rupa tentang permasalahan, sehingga biasanya diperlukan perkiraan serta penyederhanaan asumsi-asumsi dengan harapan model mampu memecahkan permasalahan (Mananoma & Soetopo,2008). Permasalahan berasal dari fenomena nyata yang dapat disebut fenomena matematika.

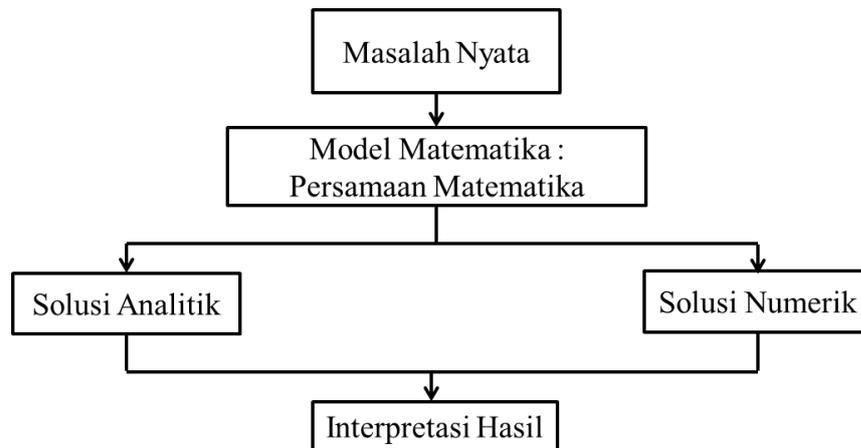
Fenomena matematika merupakan hasil penurunan model matematika. Pada model matematik kecocokan model terhadap fenomena alam yang dideskripsikan tergantung dari ketepatan perumusan persamaan matematiknya. Model matematik seringkali digunakan untuk mempelajari fenomena alam nyata yang kompleks dengan cara analisis, serta untuk menyelidiki hubungan antara parameter yang

mempengaruhi fungsi sistem dalam proses yang kompleks. Pada model matematik tiruan dari fenomena atau peristiwa alam dideskripsikan melalui satu set persamaan matematik. Kecocokan model terhadap fenomena alam yang dideskripsikan tergantung dari ketepatan perumusan persamaan matematiknya (Mananoma & Soetopo, 2008). Fenomena matematika dapat diasumsikan ke dalam bahasa matematika yang dapat diselesaikan menggunakan perhitungan matematika. Perhitungan akan diselesaikan dengan model dalam bentuk matematika. Model matematika suatu fenomena yaitu suatu ekspetasi matematika yang diturunkan dari fenomena nyata. Ekspetasi dapat berupa persamaan, sistem persamaan, fungsi atau relasi. Proses ini merupakan langkah awal yang tidak terpisahkan dalam menerapkan matematika untuk mempelajari fenomena-fenomena alam, ekonomi, sosial maupun yang lainnya. Fenomena Matematika pada permasalahan ini adalah menghitung rekomendasi untuk konservasi air yang akan dihitung menggunakan metode iterasi Jacobi. Dalam matematika terdapat solusi matematika yang penting untuk mengerti arti dan implikasi pada fenomena yang dipelajari. Proses ini merupakan penerjemahan hasil-hasil matematika untuk menjelaskan fenomena maupun masalah yang dimodelkan. Terjemahan fenomena ini yang membuat hasil hasil matematika yang berupa ekspresi matematika, angka-angka hasil numerik maupun gambar menjadi berarti dalam membantu menyelesaikan permasalahan yang dihadapi. Dalam hal ini fenomena matematika akan diasumsikan menggunakan pemodelan matematika. Secara umum dalam menerapkan matematika pada suatu fenomena meliputi 3 langkah, yaitu :

1. Perumusan masalah yaitu untuk menerjemahkan data maupun informasi tentang suatu fenomena dari masalah nyata menjadi model matematika.
2. Pencarian solusi yaitu dengan menggunakan metode metode matematika yang sesuai.
3. Interpretasi solusi berfungsi untuk mengerti arti dan implikasi solusi tersebut terhadap fenomena awal dari mana masalahnya berasal (Cahyono, 2013).

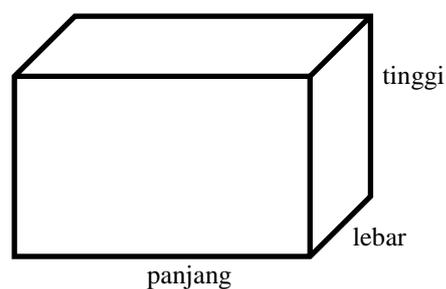
Fenomena matematika suatu masalah ini merupakan cara sederhana untuk dapat dimodelkan ke dalam matematika dengan menggunakan persamaan atau pertidaksamaan linear. Pembentukan suatu model matematik dapat dimulai dengan menentukan variabel (*variable*), kendala (*constraint*) serta tujuan (*objective*) terhadap suatu model sistem. Bilamana terdapat keputusan sejumlah n hubungan terukur (x_1, x_2, \dots, x_n) yang akan dibuat, dinyatakan sebagai variabel keputusan (*decision variabel*) dimana masing-masing nilainya akan ditentukan. Dengan hasil pengukuran yang tepat atau sesuai kemudian diekspresikan sebagai fungsi matematik dari variabel keputusan. Asumsi sistem nyata diwujudkan dari sistem nyata dengan menentukan faktor-faktor dominan (variabel, kendala, dan parameter) yang mengendalikan perilaku dari sistem nyata (Taha, 1992). Jadi dapat disimpulkan tujuan dari studi pemodelan adalah menentukan informasi (variabel dan parameter) yang dianggap penting untuk dikumpulkan, sehingga tidak ada model yang unik (hanya mempunyai satu nilai). Bila sistem yang dipelajari terlalu kompleks, biasanya dibuat model untuk setiap subsistem, kemudian digabungkan.

Berikut merupakan Skema pemodelan matematika :



Gambar 2.1 Skema Pemodelan Matematika

Pada Gambar 2.1. menjelaskan skema pemodelan matematika. Pemodelan matematika dimulai dengan mencari rumusan masalah pada kehidupan nyata. Kemudian disubstitusikan ke dalam persamaan matematika. Persamaan akan diselesaikan menggunakan solusi analitik dan solusi numerik. Dari solusi tersebut akan menghasilkan pernyataan tentang masalah yang telah diterapkan dengan menghitung kapasitas air yang dapat diselesaikan dengan cara menghitung volume bak kamar mandi, dan volume bak wudhu. Volume dapat dicari menggunakan rumus volume balok sebagai berikut.



Jika dimisalkan :

p = panjang

l = lebar

t = tinggi

Pembahasan :

$$\text{volume balok} = p \times l \times t$$

(Budi, 2006)

Volume digunakan sebagai konstanta persamaan. Persamaan yang telah dimodelkan berupa persamaan linier untuk mencari nilai-nilai variable-variabel yang diteliti, sehingga dapat menemukan penyelesaiannya. Persamaan akan diselesaikan menggunakan metode iterasi Jacobi. Pada iterasi Jacobi pengasumsian persamaan terdapat syarat agar dapat dihitung dan menghasilkan nilai yang konvergen.

Teorema 2.1(Kekonvergenan Iterasi Jacobi)

Iterasi Jacobi konvergen untuk setiap sistem persamaan linear yang memiliki matriks koefisien bersifat dominan secara diagonal (Sahid, 2012).

Penyelesaian metode iterasi Jacobi akan mendapatkan hasil yang dapat disimpulkan dan dijadikan solusi permasalahan. Matematikawan terapan sering kali mencari solusi pendekatan untuk model-model matematika yang rumit. Solusi yang akan dihasilkan merupakan solusi pendekatan/hampiran (*approxomation*), solusi hampiran tidak sama dengan solusi sejati, sehingga ada selisih antara keduanya yang disebut galat atau *error* (Cahyono, 2013). Model matematika dapat diklasifikasikan menjadi beberapa model, yaitu model statistik, model deterministik, dan model probabilistik atau model stokastik. Pada penelitian ini dilakukan dengan model statistika. Model statistik bisa berupa sistem persamaan linear baik satu variabel atau lebih. Penerapan pemodelan matematika pada permasalahan konservasi air dilakukan dengan cara mensubstitusikan permasalahan menggunakan sistem persamaan linear dengan mengetahui konstanta dan koefisiennya.

2.3.1. Sistem Persamaan Linear

Sistem persamaan linear adalah sekumpulan persamaan linear dengan variabel-variabel yang tidak diketahui. Sistem persamaan linear yang terdiri dari beberapa persamaan, dengan pemisalan m sebagai banyak persamaan (l_1, l_2, \dots, l_m) (Lipschutz & Lipson, 2004). Dan dengan banyak variabel yang dimisalkan dengan n variabel yang tidak diketahui x_1, x_2, \dots, x_n , dapat disusun dalam bentuk :

$$a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1n}x_n = y_1$$

$$a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \dots + a_{2n}x_n = y_2$$

$$a_{31}x_1 + a_{32}x_2 + \dots + a_{3n}x_n = y_3$$

$$a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + \dots + a_{mn}x_n = y_m$$

dengan a_{ij} dan y_i adalah konstanta. x_n adalah peubah.

a_{ij} adalah koefisien dari variabel yang tidak diketahui x_j pada persamaan l_i . dan bilangan y_i adalah konstanta dari persamaan l_i (Marzuki et al., 2015).

Sistem persamaan linear di atas dapat ditulis dengan perkalian matriks, yaitu :

$$\begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{m1} & a_{m2} & \dots & a_{mn} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_n \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \vdots \\ y_n \end{pmatrix}$$

Atau $AX = B$. dimana :

A disebut matriks koefisien

X disebut matriks peubah

B disebut matriks konstanta.

Pada sistem persamaan terdapat penyelesaian yang menghasilkan solusi. Solusi sistem persamaan linear adalah urutan dari n bilangan s_1, s_2, \dots, s_n . urutan

bilangan tersebut dinamakan pemecahan persamaan jika $x_1 = s_1, x_2 = s_2, \dots, x_n = s_n$ adalah pemecahan dari tiap tiap persamaan didalam persamaan. Sehingga persamaan dipenuhi bila mensubstitusikannya. Himpunan solusi tersebut dapat dituliskan sebagai berikut.

$$S = \{s_1, s_2, \dots, s_n, \quad |s| \in R\}$$

2.3.2. Solusi Sistem Persamaan Linear

Misalkan $S = \{s_1, s_2, \dots, s_n, \quad |s| \in R\}$

disubstitusikan pada sistem persamaan linear di atas, sehingga

$$x_1 = s_1, x_2 = s_2, \dots, x_n = s_n$$

dan sistem persamaan linear tersebut bernilai benar, maka S dinamakan solusi bagi sistem persamaan linear tersebut. Suatu sistem persamaan linear belum tentu punya solusi, keberadaan solusi ini sangat tergantung dari sistem persamaan linear itu sendiri (Prasetyo, 2012).

Sistem persamaan linear dalam keterkaita dengan solusinya mempunyai tiga kemungkinan, yaitu :

- a. Sistem persamaan linear mempunyai solusi tunggal.
- b. Sistem persamaan linear mempunyai solusi tak hingga banyak.
- c. Sistem persamaan linear tidak mempunyai solusi.

Solusi-solusi tersebut dihasilkan sesuai dari persamaan pada permasalahan yang akan dimodelkan ke dalam persamaan linear sehingga dapat dihitung dan disimpulkan untuk penggunaan air sesuai kapasitas.

2.2 Metode Iterasi Jacobi

Metode iterasi Jacobi merupakan suatu hampiran penyelesaian awal dan hampirannya tak berhingga dengan langkah konvergen. Metode iterasi Jacobi merupakan metode iterasi yang menggunakan nilai awal pada prosesnya sehingga diperoleh nilai dengan kesalahan yang relatif kecil dan syaratnya persamaan tersebut dominan secara diagonal (Marzuki et al., 2015). Metode iterasi Jacobi ini digunakan untuk menyelesaikan sistem persamaan linear berukuran besar dan proporsi koefisien nolnya besar. Dengan ukuran $n \times n$, $AX = b$, proses penyelesaian dimulai dengan suatu hampiran awal terhadap penyelesaian x_0 . Kemudian membentuk suatu serangkaian iterasi x_1, x_2, \dots, x_n yang konvergen ke x . Teknik iteratif jarang digunakan untuk menyelesaikan sistem persamaan linear berukuran kecil karena metode-metode langsung seperti metode eliminasi Gauss lebih efisien dari pada metode iteratif. Akan tetapi untuk sistem persamaan linear berukuran besar dengan persentase elemen nol pada matriks koefisien besar teknik iteratif lebih efisien daripada metode langsung dalam hal penggunaan memori komputer maupun waktu komputasi.

Metode iterasi Jacobi adalah salah satu metode dengan beberapa perhitungan, tetapi laju konvergensinya rendah. Untuk penyelesaian sistem persamaan linear $AX = B$ dengan order besar, Eliminasi Gauss tidak efektif karena sangat besar dalam waktu komputasi atau kebutuhan memori komputer. Metode iterasi Jacobi disebut juga metode pemindahan simultan atau metode konvergen, sehingga bisa digunakan untuk menghitung penggunaan air yang digunakan seminimal mungkin sesuai kapasitas yang ditentukan. Konsep dari

metode iterasi Jacobi yaitu melakukan perubahan nilai x yang diperoleh tiap iterasi. Sebagai alternatif, dipakai metode iterasi, misalnya dengan metode iterasi Jacobi. Metode iterasi Jacobi adalah salah satu metode berulang untuk memecahkan sistem persamaan linear. Iterasi Jacobi menggunakan rumus rekursif untuk menghitung nilai pendekatan solusi persamaan. Proses iterasi dilakukan sampai dicapai suatu nilai yang konvergen dengan toleransi yang diberikan. Dari hasil pengujian dapat diketahui bahwa metode iterasi Jacobi memiliki hasil ketelitian yang lebih baik dan waktu komputasi yang lebih cepat dari metode Eliminasi Gauss.

Teknik iteratif metode ini merupakan suatu teknik penyelesaian sistem persamaan linear dengan ukuran $n \times n$, atau $AX = b$, secara iteratif dapat ditulis :

$$a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1n}x_n = b_1$$

$$a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \dots + a_{2n}x_n = b_2$$

$$a_{n1}x_1 + a_{n2}x_2 + \dots + a_{nn}x_n = b_n$$

Dapat ditulis ulang (dengan asumsi bahwa $a_{ii} \neq 0, i = 1, \dots, n$) sebagai :

$$x_1 = \frac{b_1 - a_{12}x_2 - a_{13}x_3 - \dots - a_{1n}x_n}{a_{11}}$$

$$x_2 = \frac{b_2 - a_{21}x_1 - a_{23}x_3 - \dots - a_{2n}x_n}{a_{22}}$$

$$x_n = \frac{b_n - a_{n1}x_1 - a_{n2}x_2 - \dots - a_{nn-1}x_{n-1}}{a_{nn}}$$

Dalam matriks dapat ditulis dengan notasi :

$$\begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_n \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 & -\frac{a_{12}}{a_{11}} & \cdot & \dots & \frac{-a_{1n}}{a_{11}} \\ -\frac{a_{21}}{a_{22}} & 0 & \cdot & \dots & \frac{-a_{2n}}{a_{22}} \\ \vdots & \vdots & \cdot & \ddots & \vdots \\ -\frac{a_{n1}}{a_{nn}} & -\frac{a_{n2}}{a_{nn}} & \cdot & \frac{a_{n,n-1}}{a_{nn}} & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_n \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \frac{b_1}{a_{11}} \\ \frac{b_2}{a_{22}} \\ \vdots \\ \frac{b_n}{a_{nn}} \end{pmatrix}$$

Dengan iterasi Jacobi seperti yang didefinisikan, iterasi Jacobi dalam matriks dan komputasi bentuk menjadi sebagai berikut.

$$x^{(k+1)} = -D^{-1}(L + U)X^k + D^{-1}b$$

$$x_i^{(k+1)} = \frac{1}{a_{ii}} (b_i - \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^n a_{ij} x_j^k), i = 1 \dots n \quad (\text{Dafchahi, 2008}).$$

Untuk lebih jelas dalam memahami metode iterasi Jacobi harus memahami beberapa materi yang berkaitan ketika menggunakan metode iterasi Jacobi. Pada Metode iterasi Jacobi terdapat istilah istilah yang perlu di jelaskan. Istilah tersebut yaitu :

2.4.1 Definisi Iterasi Jacobi

Metode iterasi Jacobi adalah metode iterasi yang menghitung nilai hampiran sekarang atau terbaru dengan mengacu pada nilai hampiran sebelumnya. Bentuk umum iterasi Jacobi adalah :

$$x_i^{(k)} = \frac{1}{a_{ii}} \left(b_i - \sum_{j=i+1}^n a_{ij} x_j^{(k-1)} \right), i = 1, 2, \dots, n; k = 1, 2, \dots,$$

2.4.2 Dominan Secara Diagonal

Teorema 2.1 Jika A adalah baris matriks yang secara diagonal dominan maka pengubahan metode iterasi Jacobi konvergen untuk setiap pilihan acak dari pendekatan awal $X^{(1)}$ (Dafchahi, 2008).

Dominan secara diagonal merupakan syarat untuk persamaan yang akan dihitung menggunakan metode iterasi Jacobi. Ketika persamaan dominan secara diagonal maka penyelesaian akan konvergen. Syarat sistem persamaan linear agar dapat diselesaikan menggunakan iterasi Jacobi dan dapat konvergen yaitu :

Apabila koefisien pada suatu persamaan merupakan matriks dominan secara diagonal, maka metode iterasi Jacobi akan konvergen.

Persamaan berordo $n \times n$ dominan secara diagonal jika :

$$|a_{kk}| > |a_{k1}| + \dots + |a_{k,k-1}| + |a_{k,k+1}| + \dots + |a_{kn}|, k = 1, \dots, n$$

Dalam tiap baris persamaan, nilai mutlak koefisien diagonal harus melebihi jumlah nilai mutlak koefisien-koefisien lain dalam baris tersebut. Iterasi Jacobi akan konvergen ke suatu penyelesaian tunggal jika koefisien persamaan dominan secara diagonal. Kita telah mengubah susunan sistem persamaan linear sedemikian hingga elemen elemen a_{ii} merupakan elemen elemen terbesar pada setiap baris pada persamaan.

2.4.3 Iterasi Jacobi

Proses penyelesaian dimulai dengan suatu hampiran awal terhadap penyelesaian, x_0 kemudian membentuk suatu serangkaian iterasi x_1, x_2, \dots, x_n yang konvergen ke x . Teknik iteratif lebih efisien digunakan untuk sistem persamaan linear berukuran besar dengan persentase elemen nol pada matriks koefisien besar. Metode iterasi Jacobi yaitu metode iteratif yang melakukan perbaharuan nilai x yang diperoleh tiap iterasi (mirip metode substitusi berurutan). Untuk menyelesaikan sistem persamaan linier $AX = b$ dengan A adalah matriks koefisien $n \times n$, b iterasi konstan $n \times 1$, dan X iterasi $n \times 1$ yang perlu dicari. Tinjau kembali sistem persamaan sebagai berikut.

$$a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1n}x_n = b_1$$

$$a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \dots + a_{2n}x_n = b_2$$

$$a_{n1}x_1 + a_{n2}x_2 + \dots + a_{nn}x_n = b_n$$

Dengan syarat $a_{kk} \neq 0, k = 1, 2, \dots, n$, maka persamaan iterasinya dapat ditulis :

$$x_1^{(k+1)} = \frac{b_1 - a_{12}x_2^k - a_{13}x_3^k - \dots - a_{1n}x_n^k}{a_{11}}$$

$$x_2^{(k+1)} = \frac{b_2 - a_{21}x_1^k - a_{23}x_3^k - \dots - a_{2n}x_n^k}{a_{22}}$$

$$x_n^{(k+1)} = \frac{b_n - a_{n1}x_1^k - a_{n2}x_2^k - \dots - a_{nn-1}x_{n-1}^k}{a_{nn}}$$

dengan $k = 0, 1, 2, \dots$

Iterasi dimulai dengan memberikan tebakan awal untuk x ,

$$x_0 = \begin{bmatrix} x_1^{(0)} \\ x_2^{(0)} \\ \vdots \\ x_n^{(0)} \end{bmatrix}$$

Misalkan diberikan tebakan awal $x^{(0)}$: $x^{(0)} = (x_1^{(0)}, x_2^{(0)}, \dots, x_n^{(0)})^T$

$$\text{Iterasi pertama : } x_1^{(1)} = \frac{b_1 - a_{12}x_2^0 - a_{13}x_3^0 - \dots - a_{1n}x_n^0}{a_{11}}$$

$$x_2^{(1)} = \frac{b_2 - a_{21}x_1^0 - a_{23}x_3^0 - \dots - a_{2n}x_n^0}{a_{22}}$$

$$x_n^{(1)} = \frac{b_n - a_{n1}x_1^0 - a_{n2}x_2^0 - \dots - a_{nn}x_{n-1}^0}{a_{nn}}$$

$$\text{Iterasi Kedua : } x_1^{(2)} = \frac{b_1 - a_{12}x_2^1 - a_{13}x_3^1 - \dots - a_{1n}x_n^1}{a_{11}}$$

$$x_2^{(2)} = \frac{b_2 - a_{21}x_1^1 - a_{23}x_3^1 - \dots - a_{2n}x_n^1}{a_{22}}$$

$$x_n^{(2)} = \frac{b_n - a_{n1}x_1^1 - a_{n2}x_2^1 - \dots - a_{nn}x_{n-1}^1}{a_{nn}}$$

Rumus Umum :

$$x_i^{(k+1)} = \frac{b_i - \sum_{j=1, j \neq i}^n a_{ij}x_j^k}{a_{ii}}, k = 0, 1, 2, \dots$$

Iterasi hitung iterasi Jacobi akan berakhir setelah :

$$x_1^{(k-1)} \approx x_1^{(k)}, x_2^{(k-1)} \approx x_2^{(k)} \text{ dan } x_3^{(k-1)} \approx x_3^{(k)}$$

Sebagai kondisi berhenti iterasinya, dapat juga digunakan pendekatan galat relative

$$\left| \frac{x_i^{(k+1)} - x_i^{(k)}}{x_i^{(k+1)}} \right| < \varepsilon \quad \text{untuk semua } i = 1, 2, 3, \dots, n$$

Jika syarat dominan secara diagonal dipenuhi maka kekonvergenan dijamin. Meskipun sistem tidak dominan secara diagonal, iterasinya masih mungkin. Kekonvergenan juga ditentukan oleh pemilihan tebakan awal. Tebakan awal yang terlalu jauh dari solusi sejatinya dapat menyebabkan iterasi divergen. Keuntungan metode ini adalah langkah penyelesaiannya sederhana, sedangkan kelemahannya adalah :

- Proses iterasinya lambat. Terutama untuk persamaan linear serentak dengan ordo tinggi.
- Hanya dapat digunakan menyelesaikan persamaan linear serentak yang memenuhi syarat seperti yang sudah dijelaskan di atas (Putri, 2014).

2.4.4 Penyempurnaan Iterasi Jacobi

Dari penjelasan iterasi Jacobi didapatkan definisi :

$$x_i^{(k+1)} = \frac{1}{a_{ii}} \left(b_i - \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^n a_{ij} x_j^k \right), i = 1 \dots n$$

Namun, pada metode iterasi Jacobi mempunyai konvergen yang rendah. Sehingga akan dilakukan percepatan konvergen pada iterasi dengan cara penyempurnaan dari metode iterasi Jacobi.

2.4.4.1 penyempurnaan metode iterasi Jacobi dalam Bentuk Iterasi

Asumsikan $X^{(1)}$ menjadi pendekatan awal untuk solusi dari sistem persamaan linear $AX = b$ dan

$$b_i^{(1)} = \sum_{j=1}^n a_{ij} x_j^{(1)}, \quad i = 1, \dots, n \quad (\text{Vatti, Gonfa, \& Gofe, 2011}).$$

Dari definisi iterasi Jacobi didapatkan

$X^{(k+1)} = x_1^{(k+1)}, \dots, x_n^{(k+1)}$ sehingga penyempurnaan iterasi Jacobi dapat didefinisikan $b_i^{(k+1)}$.

$$b_i^{(k+1)} = \sum_{j=1}^n a_{ij} x_j^{(k+1)}$$

dari rumus di atas didapatkan teknik penyempurnaan dari iterasi Jacobi :

$$b_i = b_i^{(k+1)} - a_{ii} x_i^{(k+1)} + a_{ii} \bar{x}_i^{(k+1)}$$

$$\bar{x}_i^{(k+1)} = x_i^{(k+1)} + \frac{1}{a_{ii}} (b_i - b_i^{(k+1)}) \quad (\text{Dafchahi, 2008})$$

2.4.4.2 Penyempurnaan Metode Iterasi Jacobi dalam Bentuk Matriks

$$AX = b$$

$$(L + D + U)X = b$$

$$(L + D + U)X = b$$

$$DX = -(L + U)X + b$$

$$DX = (D - A)X + b$$

$$DX = DX + (b - AX)$$

$$X = X + D^{-1}(b - AX)$$

dari definisi diperoleh penyempurnaan iteratif rumus dalam bentuk matriks :

$$\bar{X}^{(k+1)} = X^{(k+1)} + D^{-1}(b - AX^{(k+1)})$$

$$X^{(k+1)} = (D^{-1}(L + U))^2 X^{(k)} + (1 - D^{-1}(L + U))D^{-1}b$$

$$\bar{B}_J = (D^{-1}(L + U))^2$$

$$\bar{b}_J = (1 - D^{-1}(L + U))D^{-1}b$$

$$\bar{b}_J = (I + B_J)b_J, \bar{B}_J = B_J^2 \quad (\text{Dafchahi, 2008}).$$

2.4.5 Teorema Konvergensi Pada Iterasi Jacobi

Teorema 2.3 Jika A adalah baris matriks diagonal yang benar-benar dominan maka $\|\bar{B}_J\|_\infty < 1$. (Dafchahi, 2008).

Teorema 2.4 Jika A adalah baris matriks diagonal secara dominan, maka $\|\bar{B}_J\|_\infty = \|\bar{B}_J\|_\infty^2 < 1$. (Dafchahi, 2008).

Teorema 2.5 Jika A adalah baris secara diagonal matriks dominan kemudian $\|\bar{B}_J\|_\infty < \|\bar{B}_J\|_\infty$. (Dafchahi, 2008).

Teorema 2.6 Ketika Jacobi dan penyempurnaan metode iterasi Jacobi konvergen, maka penyempurnaan metode iterasi Jacobi konvergen lebih cepat dari pada metode iterasi Jacobi. (Dafchahi, 2008).

2.4.6 Modifikasi Metode Iterasi Jacobi untuk Z-Matriks

Kohno et al atau Gunawardena et al mempunyai kasus lebih umum yang disajikan menggunakan matriks $P = I + S_\alpha$. (Wang & Huang, 2006). Dapat di tulis dalam bentuk matriks sebagai berikut.

$$S_\alpha = \begin{pmatrix} 0 & -\alpha_{12} a_{22} & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & -\alpha_{13} a_{33} & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & \dots & -\alpha_{n-1} a_{n-1,n} \\ 0 & 0 & 0 & \dots & 0 \end{pmatrix}$$

jika A adalah non-singular diagonal Z – *matriks* dengan beberapa kondisi, maka terdapat $\alpha' > 1$ seperti bahwa $(I + S_\alpha) A$ adalah matriks Z yang sangat diagonal dominan untuk semua $\alpha_i \in [0, \alpha]$ dan mempresentasikan beberapa investigasi numerik untuk pilihan parameter optimal. (Li & Sun, 2000).

2.3 Penyelesaian Metode Iterasi Jacobi

2.5.1 Iterasi Jacobi Dalam Ms. Excel

Iterasi dalam Ms. Excel adalah suatu penghitungan pada worksheet yang dilakukan secara berulang-ulang hingga dapat menemukan hasil bilangan yang sesuai. Permasalahan ini dapat ditemukan pada saat menyusun rumus Ms. Excel dalam suatu sel yang harus kembali mengacu kepada sel tersebut, baik secara langsung maupun tidak. Rumus pada sel Ms. Excel tersebut akan langsung menghitung hasilnya, sehingga dapat menghemat waktu pencarian sesuai nilai yang benar. Dalam hal ini iterasi Jacobi akan dihitung menggunakan Ms. Excel dengan memasukan rumus yang sudah disusun sesuai permasalahan. Rumus dituliskan pada sel Ms. Excel, kemudian rumus pada sel Ms. Excel akan menghitung hasilnya.

2.5.2 Konsep Dasar Pemrograman Dalam Visual Basic 6.0

Visual Basic merupakan pemrograman terkendali kejadian (*even driven pemrograman*) artinya pemrograman menunggu sampai adanya respon dari pengguna berupa *event* atau kejadian tertentu. Ketika *event* terdeteksi, kode yang berhubungan dengan *event* akan dieksekusi. Perkembangan Visual basic sangat pesat karena pemakaiannya mudah dan banyak sekali fasilitas-fasilitas yang disediakan. Berikut ini akan dijelaskan sejarah perkembangan visual basic, yaitu:

1. Visual basic pertama kali diperkenalkan pada tahun 1991, yaitu Visual basic untuk DOS dan Windows.
2. Dua tahun kemudian tepatnya pada tahun 1993 Visual 3.0 dirilis.
3. Akhir tahun 1995 dirilis Visual basic 4.0 dengan tambahan pendukung aplikasi 32 bit.
4. Tahun 1997 Visual basic 5.0 dirilis.
5. Terakhir adanya perkembangan versi yang up-date hingga tahun 200x.

Pada *project* Visual Basic terdiri dari beberapa *file* yang saling terkait satu dengan yang lain. Tiap *file* berisi berbagai informasi seperti form, modul dan sebagainya.

Berikut ini *file-fle* yang tercipta saat mendesain sebuah program :

1. *File Project* (.vbp) untuk menyimpan informasi yang digunakan.
2. *File modul* (bas) untuk menyimpan rutinitas program.
3. *File form* (.frm) untuk menyimpan informasi tentang form yang dibuat.
4. *File Resource* (.res) untuk menyimpan informasi *icon* yang digunakan.
5. *File ActiveX Control* (.ocx) untuk menambah *icon* pada *tollbox* yang awalnya masih standar

Konsep dasar pemrograman Visual Basic 6.0 adalah pembuatan form dengan mengikuti aturan pemrograman aturan Visual Basic 6.0 merupakan software yang dapat mengolah berbagai pengolahan data. Salah satunya yaitu pengolahan data menggunakan metode iterasi Jacobi. Pada pengolahan tersebut dituliskan *code* yang akan memproses perhitungan iterasi Jacobi. Aturan pembuatan form yaitu mengikuti aturan pemrograman *property*, *Metode*, dan *Event*.

1. *Property*

Pemrograman Visual Basic dapat diatur propertinya sesuai dengan kebutuhan.

2. *Metode*

Metode adalah tempat untuk mengekspresikan logika pemrograman dari pembuatan suatu program aplikasi.

3. *Event*

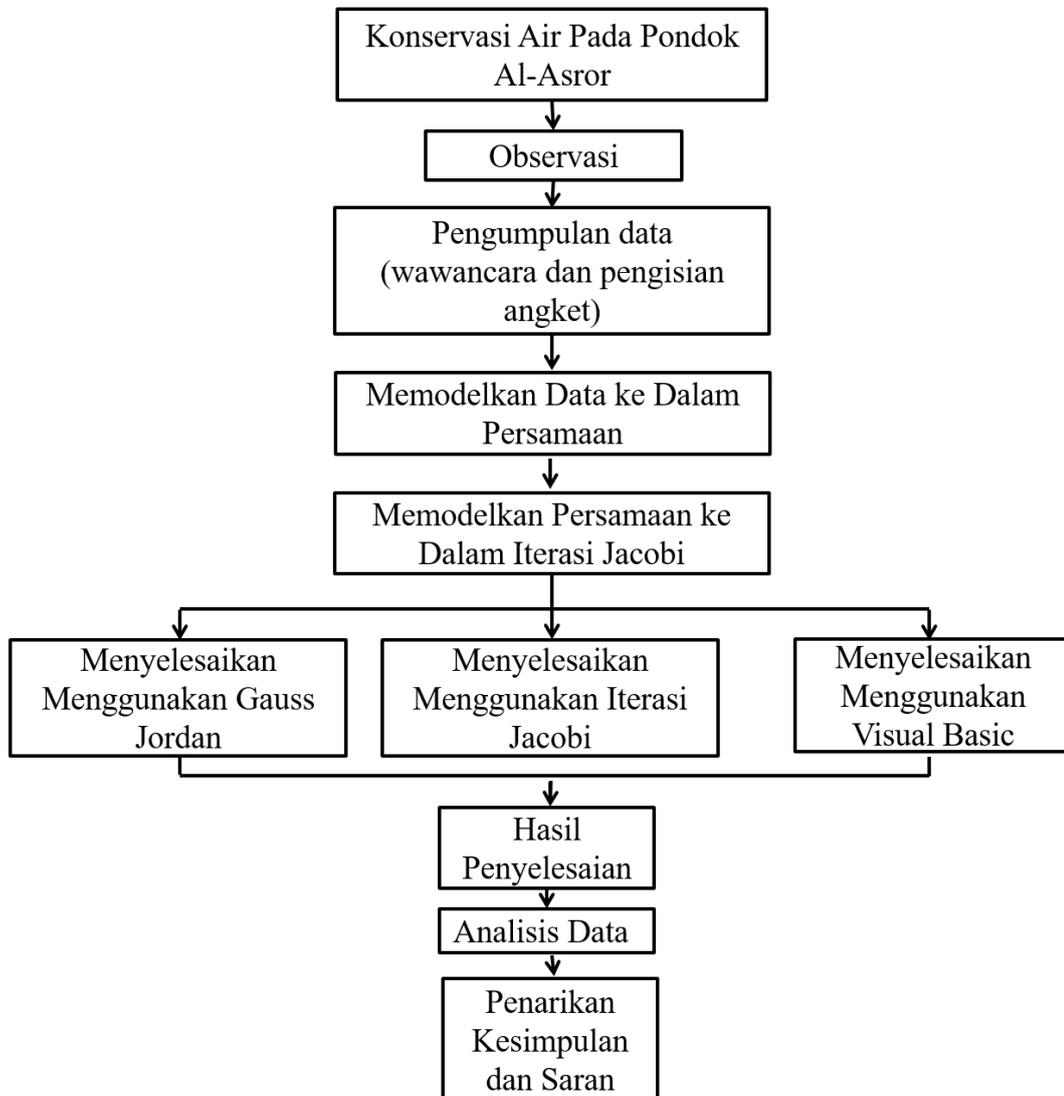
Pengaturan event dalam setiap komponen akan menjalankan semua metode yang dibuat.

Ketika program olah data pada Visual Basic sudah dibuat sesuai aturan dan program sudah dapat dijalankan, maka program dapat dengan mudah digunakan orang lain. Pembuatan program untuk olah data dapat memudahkan semua orang dalam permasalahan menghitung ataupun mengolah data. Untuk menggunakan program hanya memerlukan perubahan permasalahan ke dalam permodelan matematika. Permasalahan dicari pada kehidupan nyata yang akan dianalisis dan dicarikan solusi penyelesaian masalahnya, kemudian permasalahan akan

dimodelkan dalam bentuk persamaan. Dengan cara koefisien persamaan diinputkan pada program, sehingga ketika dijalankan akan menghasilkan solusi persamaannya. Solusi persamaan dapat disimpulkan untuk menerapkan konservasi air pada berbagai lingkungan.

2.4 Kerangka Berpikir

Gambar 2.2 merupakan bagan kerangka berpikir dalam penelitian :



Gambar 2.2 Kerangka Berpikir

BAB V

PENUTUP

5.1. Simpulan

Berdasarkan uraian penelitian dan pembahasan, maka dapat disimpulkan pemodelan persamaan pada permasalahan penggunaan air pondok pesantren Assalafy Putri Al-Asror menghasilkan penyelesaian yang divergen. Persamaan dihitung menggunakan program olah data yang telah dibuat pada Visual Basic. Untuk menerapkan konservasi penggunaan air rekomendasi dihitung menggunakan metode iterasi Jacobi. Metode iterasi Jacobi dapat menghasilkan penyelesaian yang konvergen dengan syarat dominan secara diagonal. Penggunaan metode iterasi Jacobi agar dominan secara diagonal dilakukan dengan cara merubah susunan persamaan sedemikian hingga koefisien-koefisien a_{ii} merupakan koefisien-koefisien terbesar pada setiap baris pada persamaan. Penyelesaian persamaan menggunakan metode iterasi Jacobi memperoleh hasil yang konvergen dan lebih optimal, sehingga dapat digunakan untuk rekomendasi konservasi penggunaan air.

5.2. Saran

Adapun saran yang diberikan peneliti untuk penelitian ini adalah mencari metode dan pola untuk membuat persamaan dominan secara diagonal agar menghasilkan penyelesaian yang lebih optimal.

DAFTAR PUSTAKA

- Abduh, N. 2018. *Ilmu dan Rekayasa Lingkungan*. Makasar: CV Sah Media.
- Axelsson, O. 1994. *Iterative Solution Methods*. Cambridge : University Press.
- Cahyono, E. 2013. *Pemodelan Matematika*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Chapra, SP., Canale, RP., 2006. *Numerical Method for Engineers*. New York : McGraw-Hill Book Company.
- Dafchani, F. N. 2008. A New Refinement of Jacobi Method for Solution of Linear System Equations $AX=b$. . . *Int. J. Contemp. Math. Sciences*, 17, 819–827.
- Davey, K. Bounds, S. 1998. *A generalized SOR method for dense linear systems of boundary element equations*. *SIAM J. Comput.* 19 : 953-967.
- Davey, K. I. Rosindale. 1994. *An iterative solution scheme for systems of boundary element equations*. *Internat. J. Numer. Methods Engrg.* 37 : 1399-1411.
- Effendi, Hefni. 2003. *Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan*. Yogyakarta : PENERBIT KANISIUS.
- Finizio, Ladas. 1988. *Persamaan Diferensial Biasa*. Jakarta: Erlangga.
- Frayudha, Angga Debby. 2016. *Iterasi Jacobi*. 2 : 2252-7001.
- Frommer, A. 1992. *H-splitting and two-stage iterative methods*. *Numer. Math.* 63 : 345-356.
- Gilbert, J. Dan Gilbert, L. 1995. *Linier Algebra and Matrix Theory*. University of South Carolina at Spartanburg, South Carolina.
- Gunawardena, A.D. Jain, S.K. Snyder, L. 1991. *Modified iterative method for consistent linear systems*. *Linear Algebra Appl.* 154-156 : 123-143.
- Hoffman, Joe D. 2001. *Numerical Methods For Engineers and Scientists*. New York : Marrcel Dekker, Inc.
- Hutagaot, R. R. 2015. *Konservasi Tanah dan Air*. Yogyakarta: Deepublish.
- Irani, Kurnia, Gunawan, Agustin, & Besperi. 2013. *Perencanaan Sumur Resapan Air Hujan Untuk Konservasi Air Tanah di Daerah Permukiman (Studi Kasus di Perumahan Rt. I, II, III dan IV Perumnas Lingkar Timur Bengkulu)*. *Jurnal Inersia*, 5, 10-11.
- Iswanto, Ripno Juli. 2012. *Pemodelan Matematika Aplikasi dan Terapannya*. Yogyakarta : Graha Ilmu.
- James, K.R. 1973. *Convergence of matrix iterations subject to diagonal dominance*, *SIAM J. Numer. Anal.* 478-484.

- Kenny, Santoso, Iwan B. 2018. *Optimasi Jumlah Produksi Baja Tulangan Dengan Metode Linear Program*. Jurnal Mitra Teknik Sipil, 1, 29-38.
- Li, W., & Sun, W. . 2000. Modified Jacobi type methods and Jacobi type methods for Z-matrices. *Linear Algebra App*, (317), 227–240.
- Lipschutz, S., & Lipson, M. L. 2006. *Aljabar Linear (Edisi Ketiga)*. Jakarta: Erlangga.
- Marzuki, Corry, C., & Herawati. 2015. Penyelesaian Sistem Persamaan Linear Fully Fuzzy Menggunakan Metode Iterasi Jacobi. *Jurnal Matematika Dan Statistika, 1*, 2400–4542.
- Milaszewicz, J.P. 1997. *Improving Jacobi and Gauss-Seidel Iterations*. Volume 93, Pages 161-170.
- Misztal, I. Schaeffer, L.R. 1986. *Nonlinear Model for Describing Convergence of Iterative Methods of Variance Component Estimation*. Volume 69, Issue 8, Pages 2209-2213.
- Misztal, I., Gianola, D. & Schaeffer, L.R. 1998. *Extrapolation and Convergence Criteria with Jacobi and Gauss-Seidel Iteration in Animal Models*. Volume 71, Supplement 2, Pages 107-114.
- Munir, R. 2008. *Metode Numerik Revisi Kedua*. Bandung : Informatika Bandung.
- Munir, R. 2012. *Metode Numerik*. Bandung : Informatika.
- Physich. 2015. *Iterasi Jacobi*. Udayana University: Justice Puppy 3879.
- Prasetyo, B. D. 2012. *Solusi Sistem Persamaan Linear dengan Metode Jacobi*. Matematika FKIP Universitas Muhammadiyah Purworejo.
- Press, C. 2008. *Penyelamatan Tanah, Air, dan Lingkungan*. Bogor: Yayasan Obor Indonesia.
- Prihanto, T. 2011. Kajian Daya Dukung Ruang Terbuka Hijau Terhadap Kinerja Gedung Kampus Konservasi. *Jurnal Teknik Sipil & Perencanaan, 13(2)*, 131–140.
- Putri, A. A. P. A. 2014. Pengaruh Keefektifan Pengendalian Internal terhadap Kecenderungan Kecurangan Akuntansi pada Dinas Pendapatan Pengelolaan Keuangan Aset Daerah Istimewa Yogyakarta. *Jurnal Nominal, Vol. III N*.
- Rapar, J. H. 1996. *Pengantar Filsafat*. Yogyakarta: Kanisius.
- Riastika, M. 2011. *Pengelolaan Air Tanah Berbasis Konservasi Di Recharge Area Boyolali*. Universitas Diponegoro : Semarang.
- Rochmad. 2013. Aplikasi Metode Newton-Raphson Untuk Menghampiri Solusi Persamaan Non Linear. 200 : 0215-9945.
- Sahid. 2012. *Pengantar Komputasi Numerik*.

- Schaeffer, L.R., & Kennedy, B.W. 1986. *Computing Strategies for Solving Mixed Model Equations*. Volume 69, Issue 2, Pages 575-579.
- Scheid, Francis. 1992. *Analisis Numerik*. Jakarta: Erlangga.
- Setiawan, A. ST. MT. 2006 . *Pengantar Metode Numerik* . Yogyakarta : ANDI.
- Silalahi, M. D. 2002. Optimalisasi Sarana Yuridis Sebagai Upaya Menumbuhkan Masyarakat Sadar Urgensi Sumber Daya Air (SDA). *Majalah Air Minum*, (edisi No.97 / th. XXIII Desember 2002.).
- Subarinah, S. 2006. *Inovasi Pembelajaran Matematika SD*. Jakarta: Depdiknas.
- Susanto, H. A. 2015. *Pemahaman Pemecahan Masalah Berdasarkan Gaya Kognitif*. Yogyakarta: Deepublish.
- Sutarno, Heri. Rachmatin, Dewi. 2005 *Metode Numerik Dengan Pendekatan Algoritmik*. Bandung : PT Sinar Baru Algensindo.
- Triatmodjo, Bambang. 2002. *Metode Numerik*. Yogyakarta : Beta Offset.
- Umar, Husein. 2011. *Strategic Management in Action*. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama
- Vatti, V. B. K., Gonfa, & Gofe, G. 2011. Modified Gauss_Seidel type methods and Jacobi type methods for Z-matrices. *Int. J. Contemp. Math. Sciences*, 6(3), 109–116.
- Wang, Z., & Huang, T. 2006. The Upper Jacobi and Upper Gauss-Seidel Type Iterative Methods for Preconditioned Linear Systems. *Applied Mathematics Letters*, (19), 1029–1036.
- Wrigley, H.E. 1963. *Accelerating the Jacobi method for solving simultaneous Equations by Chebyshev extrapolation when the eigen values of the iteration matrix a recomplex*. *The Computer Journal*, Volume 6, Issue 2, Pages 169–176.
- Young, D.M. 1971. *Iterative solution of large linear systems*. Academic Press, New York.