**RANCANG BANGUN SISTEM PENDUKUNG KEPUTUSAN DENGAN *FUZZY ANALYTICAL HIERARCHY PROCESS* UNTUK PENILAIAN EFEKTIVITAS SISTEM PENYARING ELEKTROMAGNETIK**

**Tesis**

**untuk memenuhi sebagian persyaratan**

**mencapai derajat Sarjana S-2 Program Studi**

 **Magister Sistem Informasi**



**RR. Dewi Nilamsari**

**J4F008025**

**PROGRAM PASCASRAJANA**

**UNIVERSITAS DIPONEGORO**

**SEMARANG**

**2011**

**HALAMAN PENGESAHAN**

**TESIS**

**RANCANG BANGUN SISTEM PENDUKUNG KEPUTUSAN DENGAN *FUZZY ANALYTICAL HIERARCHY PROCESS* UNTUK PENILAIAN EFEKTIVITAS SISTEM PENYARING ELEKTROMAGNETIK**

**Oleh:**

**RR.Dewi Nilamsari**

**J4F008025**

Telah diujikan dan dinyatakan lulus ujian tesis pada tanggal 30 Desember 2011 oleh tim penguji Program Pascasarjana Magister Sistem Informasi Universitas Diponegoro

 Semarang, 30 Desember 2011

 Mengetahui,

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|

|  |  |
| --- | --- |
| Pembimbing I Prof. Drs. Mustafid, M.Eng. Ph.D NIP: 130 877 409 |  Penguji I Dr. Rahmat Gernowo, MSINIP: 196511231994031003 |
| Pembimbing IIDrs. Eko Adi Sarwoko, M.Kom.NIP: 1965 1107199203 1003 | Penguji II Drs. Suhartono, M.Kom.NIP: 195504071983031003 |
| Mengetahui:Ketua Program StudiMagister Sistem Informasi UNDIPDrs Bayu Surarso, M.Sc, Ph.DNIP. 196311051988031001 |  |

 |  |





**DAFTAR ISI**

 **Halaman**

**HALAMAN JUDUL**………………………..………………………………….. i

**HALAMAN PENGESAHAN**…………...…………………………………….. ii

**HALAMAN PERNYATAAN**…………………………………………………. iii

**KATA PENGANTAR**............…………………………………………………. iv

**DAFTAR ISI**……………………………………………………………………. v

**DAFTAR TABEL**……………………………………………………………... vii

**DAFTAR GAMBAR**…………………………………………………………... xii

**DAFTAR LAMBANG DAN SINGKATAN**.................................................... xvi

**ABSTRAK**………………………….…………………………………………xviii

**ABSTRACT**………………………………......……………………………….. xix

**BAB I. PENDAHULUAN**.................................................................................. 1

1.1 Latar Belakang……………………………………………………… 1

 1.2 Perumusan Masalah………………………………………………… 4

 1.3 Batasan Masalah……………………………………………………. 5

 1.4 Keaslian Penelitian…………………………………………………. 5

 1.5 Manfaat Penelitian………………………………………………….. 7

 1.6 TujuanPenelitian……………………………………………………. 7

**BAB II. TINJAUAN PUSTAKA**….…………………………………………. 8

2.1 Tinjauan Pustaka..………………………………………………….. 8

 2.2 Landasan Teori................................................................................... 11

 2.2.1 Sistem Penyaring Elektromagnetik..................................... 11

 2.2.2 Konsep Dasar Sistem Pendukung Keputusan dengan

Metode *Fuzzy Analytical Hierarchy Process*...................... 17

2.2.3 Logika *Fuzzy* untuk Pendukung Keputusan........................ 18

2.2.4 *Fuzzy Analytical Hierarchy Process*.................................. 24

2.2.5 Rancang Bangun Sistem Pendukung Keputusan untuk

Menentukan Efektivitas Sistem Penyaring

Elektromagnetik.................................................................. 28

**BAB III. METODE PENELITIAN**.................................................................. 31

 3.1 Bahan Penelitian……………………………………......................... 31

 3.2 Alat Penelitian………………………………...................…………. 32

 3.3 Langkah-Langkah Penelitian.............................................................. 32

 3.4 Rancang Bangun Sistem Pendukung Keputusan............................... 34

 3.4.1 Deskripsi Rancang Bangun SPK…………………………. 34

 3.4.2 Penggunan Rancang Bangun SPK……………………….. 35

3.4.3 Pengembangan Rancang Bangun SPK…………………... 36

 3.5 Tahapan Perhitungan……………………………………………….. 36

 **Halaman**

3.5.1 Tahapan *Analytical Hierarchy Process*………………….. 36

 3.5.2 Tahapan *Fuzzy Analytical Hierarchy Process*…………… 39

 3.5.3 Menentukan Tujuan, Kriteria, dan Sub Kriteria (Alternatif)

Keputusan........................................................................... 41

3.5.4 Membuat “Pohon Hierarki” (*Hierarchial Tree*) untuk

 Berbagai Kriteria dan Sub Kriteria (Alternatif)

Keputusan............................................................................ 42

**BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN**………………………………........... 43

 4.1 Hasil Penelitian....................................................................................43

 4.1.1 Gambaran Umum Rancang Bangun Sistem Pendukung

Keputusan untuk Menentukan Efektivitas Sistem

Penyaring Elektromagnetik.................................................. 43

 4.1.2 Perhitungan Sistem Pendukung Keputusan untuk

Menentukan Efektivitas Sistem Penyaring

Elektromagnetik dengan Metode AHP dan *Fuzzy* AHP...... 52

4.1.3 Perhitungan Sistem Pendukung Keputusan untuk

Menentukan Efektivitas Sistem Penyaring

Elektromagnetik dengan Metode FAHP………………….. 71

 4.2 Pembahasan........................................................................................108

**BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN**.......................................................... 119

 5.1 Kesimpulan……...............………………………………………… 119

 5.2 Saran……...............……………………………………………….. 120

**DAFTAR PUSTAKA**……………………………………………………….. 122

**LAMPIRAN**……………………………………….........……………………. 124

**DAFTAR TABEL**

 **Halaman**

Tabel 2.1 Skala Penilaian Perbandingan Berpasangan AHP………………… 19

Tabel 2.2 Matrik Berpasangan...………………………………………………. 19

Tabel 2.3 Skala Penilaian Perbandingan Berpasangan (TFN) *Fuzzy* AHP

(Ozdagogludkk., 2007)…………………………………………….. 25

Tabel3.1 Nilai Indeks Random………......………………………………….... 38

Tabel4.1 Bentuk Matrik Berpasangan 6 Jenis Kriteria Penentu Efektivitas

 SPE dengan Metode AHP..................……………………………… 53

Tabel 4.2 Bentuk Matrik Berpasangan Pembagian Jumlah Kolom untuk

Masing-Masing Kriteria dengan Metode AHP........................…….. 55

Tabel 4.3 Bentuk Matrik Berpasangan Sub Kriteria untuk Kriteria Arus

Listrik dengan Metode AHP..................…………………………….. 59

Tabel 4.4 Nilai Pembagian Jumlah Kolom Sub Kriteria untuk Kriteria Arus

Listrik dengan Metode AHP..................…………………………….. 60

Tabel 4.5 Bentuk Matrik Berpasangan Sub Kriteria untuk Kriteria Medan

Magnet dengan Metode AHP ……………………………..………… 61

Tabel 4.6 Nilai Pembagian Jumlah Kolom Sub Kriteria untuk Kriteria

Medan Magnet dengan Metode AHP…...………………..…………. 62

Tabel 4.7 Bentuk Matrik Berpasangan Sub Kriteria untuk Kriteria Pasir

Besi dengan Metode AHP …………………………………………… 62

Tabel 4.8 Nilai Pembagian Jumlah Kolom Sub Kriteria untuk Kriteria Pasir

Besi dengan Metode AHP…………………………………………… 64

 **Halaman**

Tabel 4.9Bentuk Matrik Berpasangan Sub Kriteria untuk Kriteria

 Lama Penyaringan dengan Metode AHP....……………….……….. 65

Tabel4.10 Bentuk Matrik Berpasangan Sub Kriteria untuk Kriteria

Lama Penyaringandengan Metode AHP....……………….………… 66

Tabel 4.11 Bentuk Matrik Berpasangan Sub Kriteria untuk Kriteria

Sifat Kemagnetan Logam dengan Metode AHP...……………….... 66

Tabel 4.12 Nilai Pembagian Jumlah Kolom Sub Kriteria untuk Sifat

Kemagnetan Logam dengan Metode AHP……………………….... 66

Tabel 4.13 Bentuk Matrik Berpasangan Sub Kriteria untuk Kriteria Kadar

Awal Logam Terlarut dengan Metode AHP……...………………... 69

Tabel 4.14 Nilai Pembagian Jumlah Kolom Sub Kriteria untuk Kadar

Awal Logam Terlarut dengan Metode AHP…......………………… 69

Tabel 4.15 Bentuk Matrik Berpasangan Nilai Prioritas Sub Kriteria untuk

Masing-Masing Kriteria dengan Metode AHP..…………………… 70

Tabel 4.16 Nilai Prioritas Global Masing-Masing Sub Kriteria untuk

Setiap Kriteria dengan Metode AHP…………...……………….….. 71

Tabel4.17 Elemen Matrik Berpasangan dengan Metode FAHP.......................... 73

Tabel 4.18 Bentuk Matrik Berpasangan 6 Jenis Kriteria Penentu Efektivitas

SPE dengan Metode *Fuzzy* AHP........................................................ 78

Tabel 4.19 Bentuk Matrik Berpasangan *Degree of Possibility* 6 Kriteria Utama

 dengan Metode *Fuzzy* AHP................................................................ 81

 **Halaman**

Tabel 4.20 Bentuk Matrik Berpasangan *Weight Vector Priority* 6 Kriteria

Utama dengan Metode *Fuzzy* AHP.......………...…………………. 84

Tabel 4.21 Bentuk Matrik Berpasangan TFN Prioritas Sub Kriteriauntuk

KriteriaArusListrikdenganMetode FAHP.......................…..………. 92

Tabel 4.22 Bentuk Matrik Berpasangan TFN Prioritas Sub Kriteria untuk

Kriteria Medan Magnet dengan Metode FAHP...….…………......... 92

Tabel 4.23 Bentuk Matrik Berpasangan TFN Prioritas Sub Kriteria untuk

Kriteria Pasir Besi dengan Metode FAHP.......................................... 92

Tabel4.24 Bentuk Matrik Berpasangan TFN Prioritas Sub Kriteria untuk

Kriteria Lama Penyaringan denganMetode FAHP…...…………….. 92

Tabel 4.25 Bentuk Matrik Berpasangan TFN Prioritas Sub Kriteria untuk

Kriteria Sifat Kemagnetan Logam dengan Metode FAHP....………. 93

Tabel 4.26 Bentuk Matrik Berpasangan TFN Prioritas Sub Kriteria untuk

Kriteria Kadar Awal Logam dengan Metode FAHP …..................... 93

Tabel 4.27 *Degree of Possibility* Sub Kriteria untuk Kriteria Arus Listrik

dengan Metode FAHP......................................................…...……... 93

Tabel 4.28 *Degree of Possibility* Sub Kriteria untuk Kriteria Medan

Magnet dengan Metode FAHP...................................................…… 94

Tabel 4.29*Degree of Possibility* Sub Kriteria untuk Kriteria Pasir Besi

dengan Metode FAHP...............................................................……. 95

 **Halaman**

Tabel 4.30 *Degree of Possibility* Sub Kriteria untuk Kriteria Lama

Penyaringan denganMetode FAHP.................................................... 96

Tabel 4.31 *Degree of Possibility* Sub Kriteria untuk Kriteria Sifat

Kemagnetan Logam dengan Metode FAHP.....................…….......... 97

Tabel 4.32 *Degree of Possibility* Sub Kriteria untuk Kriteria Kadar Awal

Logam dengan Metode FAHP............................................................ 98

Tabel 4.33 *Weight Vector Priority* Sub Kriteria untuk Kriteria Arus Listrik

dengan Metode FAHP...............................................................…….103

Tabel 4.34 *Weight Vector Priority* Sub Kriteria untuk Kriteria Medan

Magnet dengan Metode FAHP...................................................……104

Tabel 4.35 *Weight Vector Priority* Sub Kriteria untuk Kriteria Pasir Besi

dengan Metode FAHP...............................................................….....104

Tabel 4.36 *Weight Vector Priority* Sub Kriteria untuk Kriteria Lama

Penyaringan dengan Metode FAHP................................................. 105

Tabel 4.37 *Weight Vector Priority* Sub Kriteria untuk Kriteria Sifat

Kemagnetan Logam dengan Metode FAHP.................................... 105

Tabel 4.38 *Weight Vector Priority* Sub Kriteria untuk Kriteria Kadar Awal

Logam dengan Metode FAHP......................................................... 106

Tabel 4.39 *Weight Vector Priority* Sub Kriteria untuk Seluruh Kriteria

dengan Metode FAHP............................................……................... 107

Tabel 4.40 *Weight Vector Priority Global*dengan Metode FAHP....…….......... 108

Tabel 4.41 Hasil Penelitian Wagini dan Sukaryono Tahun 2008........................109

 **Halaman**

Tabel 4.42 Hasil Penyaringan Cr(NO3)3.9H2O dengan Kadar Awal 100 ppm

dan 200 ppm...................................................................................... 111

Tabel 4.43 Hasil Penyaringan Cr(NO3)3.9H2O dengan Kadar Awal 300

ppm dan 400 ppm.............................................................................. 112

Tabel 4.44 Hasil Penyaringan Cr(NO3)3.9H2O dengan Kadar Awal

500 ppm............................................................................................. 113

Tabel 4.45 Hasil Penyaringan NiSO4.6H2O dengan Kadar Awal 100 ppm

dan 200 ppm...................................................................................... 114

Tabel 4.46 Hasil Penyaringan NiSO4.6H2O dengan Kadar Awal 300 ppm

dan 400 ppm...................................................................................... 115

Tabel 4.47 Hasil Penyaringan NiSO4.6H2O dengan Kadar Awal 500 ppm..... 116

**DAFTAR GAMBAR**

 **Halaman**

Gambar2.1 SkemaSusunanSistemPenyaringElektromagnetik..………………. 13

Gambar2.2 Pemetaan Input-Output…………...……………………………… 20

Gambar2.3 KurvaSegitiga(Kusumadewidkk, 2010)………………………….. 24

Gambar2.4 Grafik*Triangular Fuzzy Number*(Ozdagogludkk., 2007)………... 25

Gambar2.5 GrafikPersimpangan dan (Ozdagogludkk., 2007)………….. 27

Gambar3.1 Tahap Persiapan........………...………………………………….......33

Gambar3.2 Proses Penelitian.…………...…….......................................………..34

Gambar3.3 Pohon Hirarki Penentuan Kriteria Utama.............................……… 35

Gambar 4.1 Diagram Alir Gambaran Umum Rancangan SPK Penentu

Efektivitas SPE dengan Metode AHP atau FAHP........................... 44

Gambar 4.2 Diagram Alir Gambaran Umum Proses yang Terdapat pada

Rancangan SPK Penentu Efektivitas SPE dengan Metode

AHP dan FAHP...……...…........………………...............................46

Gambar 4.3 Diagram Alir Gambaran Proses Penilaian KriteriaUtama

dengan Metode AHP ........................................……………………47

Gambar4.4 Diagram Alir Gambaran Proses Penilaian Kriteria Utama

dengan Metode FAHP ....................................…………………….. 49

Gambar4.5 Diagram Alir Gambaran Proses Penilaian Sub Kriteria

dengan Metode AHP.......................................…………………...... 50

Gambar 4.6 Diagram Alir Gambaran Proses Penilaian Sub Kriteria

dengan Metode FAHP...................................……………………... 51

Gambar 4.7 Diagram Alir Gambaran Proses Analisis Prioritas Global

dengan Metode AHP danFAHP...............………………………… 52

Gambar 4.8 Rancangan Analisa Kriteria Utama dengan Metode AHP............... 54

Gambar 4.9 Rancangan Analisa Prioritas Kriteria dengan Metode AHP............ 56

Gambar 4.10 Rancangan Perhitungan Sub Kriteria untukKriteria

Arus Listrik dengan Metode AHP.................……………………. 59

Gambar 4.11 Rancangan Perhitungan Sub Kriteria untuk Kriteria Besar

Medan Magnet dengan Metode AHP.……………..…………….. 61

Gambar 4.12 RancanganPerhitungan Sub KriteriauntukKriteriaPasirBesi

dengan Metode AHP...........................……………..…………….. 63

Gambar 4.13 Rancangan Perhitungan Sub Kriteria untuk Kriteria Lama

Penyaringan dengan Metode AHP.……………..…....….............. 65

Gambar 4.14 Rancangan Perhitungan Sub Kriteria untuk Kriteria Sifat

Kemagnetan Logamdengan Metode AHP……..…....…………... 66

Gambar 4.15 Rancangan Perhitungan Sub Kriteria untuk Kriteria Kadar Awal

Logam dengan Metode AHP......................…....………………… 68

Gambar 4.16 Rancangan Analisa Prioritas Global dengan Metode AHP............. 70

Gambar 4.17 Rancangan Analisa Kriteria Utama dengan Metode FAHP........... 72

Gambar 4.18 Rancangan*Degree of Possibility* Kriteria Utama dengan Metode

FAHP...............................................…....……………………….. 80

Gambar 4.19 Rancangan *Weight Vector Priority* Kriteria Utama dengan

Metode FAHP................................................................................ 84

Gambar 4.20 Rancangan Perhitungan Sub Kriteria untuk Kriteria Besar

Arus Listrik dengan Metode FAHP.....................…....………… 89

Gambar 4.21 Rancangan Perhitungan Sub Kriteria untuk Kriteria Besar

Medan Magnet dengan Metode FAHP.........…....…........………. 89

Gambar 4.22 Rancangan Perhitungan Sub Kriteria untuk Kriteria Pasir

Besi dengan Metode FAHP..........................................…....…… 90

Gambar 4.23 Rancangan Perhitungan Sub Kriteria untuk Kriteria Lama

Penyaringan dengan Metode FAHP.............….............………… 90

Gambar 4.24 Rancangan Perhitungan Sub Kriteria untuk Kriteria Sifat

Kemagnetan Logam dengan Metode FAHP........…....…………. 91

Gambar 4.25 Rancang Bangun Perhitungan Sub Kriteria untuk Kriteria Kadar

Awal Logam dengan Metode FAHP...................…....………...... 91

Gambar 4.26Rancang Bangun Perhitungan *Weight Vector Priority* Sub

Kriteria untuk Kriteria Arus Listrik dengan Metode FAHP.......... 93

Gambar 4.27 Rancangan Perhitungan *Weight Vector Priority* Sub Kriteria

Untuk Kriteria Medan Magnet dengan Metode FAHP..................10

Gambar 4.28 Rancangan Perhitungan *Weight Vector Priority* Sub Kriteria

untuk Kriteria Pasir Besi dengan Metode FAHP.........…............ 101

Gambar 4.29 Rancangan Perhitungan *Weight Vector Priority* Sub Kriteria

untuk Kriteria Lama Penyaringan dengan Metode FAHP............ 102

Gambar 4.30 Rancangan Perhitungan *Weight Vector Priority* Sub Kriteria

untuk Sifat Kemagnetan Logam dengan Metode FAHP.............. 102

Gambar 4.31 Rancangan Perhitungan *Weight Vector Priority* Sub Kriteria

untuk Kadar Awal Logamdengan Metode FAHP....................... 103

Gambar 4.32 Rancangan Perhitungan Prioritas Globaldengan

Metode FAHP.....................................................................…..... 107

RANCANG BANGUN SISTEM PENDUKUNG KEPUTUSAN DENGAN *FUZZY ANALYTICAL HIERARCHY PROCESS* UNTUK PENILAIAN EFEKTIVITAS SISTEM PENYARING ELEKTROMAGNETIK

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk merancang SPK dengan *Fuzzy Analytical Hierarchy Process* untuk penilaian faktor-faktor penentu efektivitas Sistem Penyaring Elektromagnetik guna mengurangi kandungan logam berat pada limbah cair sebelum dibuang ke lingkungan perairan. Sistem penyaring ini memanfaatkan prinsip medan magnet dalam proses penyaringan limbah logam terlarut. Terdapat 6 kriteria utama untuk pengukur efektivitas SPE yaitu Arus Listrik, Besar Medan Magnet, Pasir Besi, Lama Penyaringan, Sifat Kemagnetan Logam, dan Kadar Awal Logam Terlarut. Masing-masing kriteria tersebut dibuat hierarki dengan 4 Sub Kriteria yaitu, Kuantitas Besar, Kuantitas Kecil, *Magnetic,* dan *Magneitc* Lemah. Pada rancang bangun SPK dengan metode FAHP untuk menentukan efektivitas SPE terdapat 6 langkah yaitu matrik berpasangan TFN, *extend fuzzy analysis, degree of possibility vector priority, weight vector, weight vector priority*, dan *global priority*. Berdasarkan analisa SPK dengan menggunakan metode FAHP diperoleh hasil efektivitas kinerja SPE pada penyaringan limbah cair logam dipengaruhi oleh 6 kriteria dengan besaran arus listrik 46%, medan magnet 44%, pasir besi 6%, lama penyaringan 2%, sifat kemagnetan logam 1%, dan kadar awal logam 1% sedangkan besaran sub kriteria yang mempengaruhi setiap kriteria utama dalam kinerja SPE, dapat diketahui besaran kuantitas besar 37%, *magnetic* 34%, kuantitas kecil 27%, dan *magnetic* lemah 2%. Berdasarkan metode FAHP efektivitas kinerja SPE dipengaruhi oleh arus listrik yang besar sehingga menimbulkan medan magnet yang besar, pasir besi yang digunakan dalam jumlah yang besar juga mempengaruhi hasil penyaringan, terutama ketika tidak ada arus listrik yang mengalir melalui SPE, lama penyaringan dengan durasi yang panjang mengakibatkan penyaringan logam terlarut dengan SPE lebih maksimal, logam terlarut dengan sifat kemagnetan yang kuat dapat tersaring lebih efektif, dan kadar awal logam terlarut dalam kuantitas besar juga mengalami penurunan kadar akhir yang signifikan.

Kata kunci : SPK, *Fuzzy Analytical Hierarchy Process,* Sistem Penyaring Elektromagnetik

**BAB I**

**PENDAHULUAN**

* 1. **Latar Belakang**

Sistem Penyaring Elektromagnetik (SPE) merupakan sebuah sistem untuk mengurangi kandungan logam berat pada limbah yang dibuang ke dalam lingkungan perairan. Sistem ini memanfaatkan prinsip medan magnet yang ditimbulkan oleh adanya arus listrik yang dialirkan pada sebuah solenoida ideal. Medan magnet ini digunakan sebagai penyaring dalam SPE. Sistem ini juga menggunakan media penyaring berupa pasir besi yang merupakan bahan mudah termagnetisasi. Beberapa jenis logam berat dalam limbah cair yang pernah disaring dengan SPE antara lain logam Ni dalam NiSO4.6H2O dan logam Cr dalam Cr(NO3)3.9H2O dengan metode arus listrik konstan yaitu 3 A (Wagini dan Sukaryono, 2008).

Terdapat 6 teori kriteria yang mempengaruhi efektivitas kinerja SPE dalam menurunkan kadar logam terlarut dalam limbah cair, teori tersebut antara lain :

1. Besar arus listrik yang digunakan juga akan mempengaruhi besar medan magnet yang dihasilkan, semakin besar arus listrik yang digunakan maka medan magnet yang dihasilkan juga makin besar sehingga proses penyaringan logam dengan sistem semakin sempurna (Wagini dan Sukaryono, 2008).
2. Besar medan magnet yang mengalir pada solenoida, akan mempengaruhi besar gaya magnet yang dihasilkan terhadap benda di sekitarnya. Semakin besar medan magnet yang melalui solenoida maka kadar akhir logam terlarut yang melalui SPE, tersaring dengan sempurna (Wagini dan Sukaryono, 2008).
3. Pasir besi sebagai media penyaring dalam sistem penyaring elektromagnetik, dapat memberikan gaya magnet pada benda yang berada di sekitarnya termasuk larutan logam yang melaluinya (Wagini dan Sukaryono, 2008).
4. Semakin lama waktu penyaringan akan menyebabkan penurunan efektivitas kerja SPE. Efektivitas penyaringan tertinggi diperoleh pada saat penyaringan menit pertama yang mencapai 100% (Wagini dan Sukaryono, 2008).
5. Pada bahan yang tergolong jenis *ferromagnetic* mempunyai tingkat efektivitas penyaringan lebih besar daripada bahan yang tergolong jenis *Anti Ferromagnetic* (AFM) (Wagini dan Sukaryono, 2008).
6. Semakin besar kadar awal logam terlarut mengakibatkan kerja SPE semakin berat. Sehingga menurunkan efektivitas SPE (Wagini dan Sukaryono, 2008).

Berdasarkan penjelasan di atas, maka terdapat 6 kriteria yang mempengaruhi penurunan kadar logam terlarut setelah melalui SPE yaitu arus listrik, medan magnet, pasir besi, lama penyaringan, sifat kemagnetan logam, dan kadar awal logam terlarut. Penelitian yang sudah dilakukan menggunakan larutan logam yang sama dengan penelitian sebelumnya yaitu Ni dalam NiSO4.6H2O dan logam Cr dalam Cr(NO3)3.9H2O, namun metode yang digunakan berbeda dengan metode sebelumnya yang menggunakan arus listrik konstan. Pada penelitian ini, penyaringan dengan SPE menggunakan arus listrik tidak tetap yaitu 0 Ampere sampai 5 Ampere. Hasil penelitian menunjukkan beberapa hasil yang tidak sesuai dengan teori kriteria yang sudah dikembangkan oleh Wagini dan Sukaryono (2008), antara lain:

1. Untuk penyaringan larutan logam NiSO4.6H2O dan Cr(NO3)3.9H2O, ketika tidak ada arus listrik mengalir pada SPE ( A), ternyata kadar logam terlarut sudah mengalami penurunan.
2. Untuk penyaringan logam Ni pada larutan NiSO4.6H2O dan logam Cr pada larutan Cr(NO3)3.9H2O, setelah melalui SPE, pada beberapa data justru mengalami kenaikan kadar akhir logam terlarut.
3. Pada penyaringan logam Ni dan logam Cr dengan arus listrik tidak tetap untuk kadar awal logam terlarut yang cukup besar yaitu mulai 200 ppm, 300 ppm, 400 ppm, dan 500 ppm dengan lama penyaringan 2 menit dan 3 menit, pada beberapa data menunjukkan penurunan kadar akhir logam lebih signifikan. Hal ini juga bertentangan dengan teori yang sudah dikembangkan bahwa kadar awal logam yang kecil dan lama penyaringan yang singkat akan menghasilkan penurunan kadar akhir logam yang lebih baik.
4. Pada penyaringan logam Ni yang merupakan bahan *ferromagnetic*, ternyata setelah melalui SPE beberapa data menunjukkan kenaikan kadar akhir logam terlarut, hal ini tidak sesuai dengan teori yang telah dikembangkan sebelumnya, bahwa efektivitas penyaringan bahan *ferromagnetic* lebih tinggi.

Dari penjelasan di atas terlihat terdapat 6 teori kriteria yang dikembangkan oleh Wagini dan Sukaryono tahun 2008 ternyata menentukan efektivitas kinerja SPE pada proses penyaringan limbah cair logam. Hal ini menunjukkan tiap kemungkinan kriteria yang menentukan penurunan kadar logam perlu dinilai besarannya sehingga dapat mempermudah proses penilaian efektivitas SPE. Berdasarkan penelitian Fenton dan Wang pada tahun 2006, pengambilan keputusan dengan adanya proses pemberian peringkat tiap alternatif dengan tiap kriteria dapat menggunakan *Multi Criteria Decision Making* (MCDM). Pada penelitian yang dilakukan oleh Herman, et.all tahun 2006 dan Ramanathan tahun 2001 telah menggunakan salah satu metode MCDM yaitu *Analytical Hierarchy Process* (AHP)dalam menilai dampak limbah cair yang dibuang ke perairan bebas (Oktavitri dkk., 2007).

Tetapi, pada kedua penelitian yang telah dilakukan sebelumnya tidak mempertimbangkan adanya ketidakpastian dan subjektivitas manusia. Sehingga pada penelitian Fenton dan Wang tahun 2006, berpendapat bahwa perlu adanya metode probabilistik pada MCDM dan teori *Fuzzy-set* sering digunakan untuk menangani keterbatasan MCDM (misal AHP). Metode *Fuzzy Analytical Hierarchy Process* (FAHP)dapat membantu penilaian kriteria penentu penurunan kadar logam setelah melalui sistem penyaring elektromagnetik lebih akurat (Oktavitri dkk., 2007). Dengan memperhitungkan ketidakpastian penelitian ini dapat menentukan kriteria-kriteria terpenting penentu efektivitas sistem penyaring elektromagnetik dalam mengolah limbah logam cair.

* 1. **Perumusan Masalah**

Berdasarkan uraian di atas, maka dapat dirumuskan permasalahan yang muncul adalah menerapkan rancang bangun Sistem Pendukung Keputusan (SPK) dalam menentukan kriteria utama penurunan kadar akhir logam terlarut guna mengetahui efektivitas sistem penyaring elektromagnetik dengan metode FAHP.

* 1. **Batasan Masalah**

Dari Rumusan Masalah di atas, maka dalam penelitian ini hanya dibatasi pada permasalahan-permasalahan sebagai berikut :

1. Merancang sebuah SPK berbasis FAHP untuk penilaian kriteria-kriteria penentu penurunan kadar logam Ni dan Cr terlarut dalam NiSO4.6H2O dan Cr(NO3)3.9H2O setelah melalui SPE.
2. Meneliti tingkat keefektifan, keakuratan, serta kemudahan SPK berbasis FAHP untuk penilaian faktor-faktor penentu efektivitas SPE.
	1. **Keaslian Penelitian**

Penggunaan metode FAHP pada sebuah SPK sudah pernah dilakukan, seperti penelitian yang berjudul Penggunaan FAHPpada Aplikasi Sistem Informasi Geografi (SIG) (*Fuzzy Analytical Hierarchy Process in Geography Information System Application*) yang dilakukan oleh M.H. Vahidniaa, dkk., tahun 2008. Pada penelitian tersebut dapat diketahui bahwa AHP merupakan salah satu metode yang dapat digunakan untuk pengambilan keputusan dari suatu permasalahan multi kriteria. Salah satu permasalahan multi kriteria tersebut adalah GIS yang memerlukan analisa multi kriteria, karena pada suatu GIS terdapat banyak kriteria yang dipertimbangkan dalam merencanakan ruang atau pemilihan lokasi. Kriteria tersebut antara lain perencanaan lingkungan, manajemen ekologi, perencanaan regional, ilmu tata air, dan sumber daya air, ilmu kehutanan, transportasi, pertanian, manajemen resiko alami, alokasi sumber daya, dan pelayanan kesehatan.

Kriteria-kriteria tersebut memunculkan beragam ketidakpastian, sehingga memerlukan metode FAHP guna mengatasi ketidakpastian yang muncul dalam permasalahan Sistem Informasi Geografi. Dengan menggunakan *Triangular Fuzzy Number* (TFN) yang disusun menggunakan matrik berpasangan, maka masing-masing kriteria dapat dinilai besarannya, sehingga diperoleh keputusan yang paling tepat dalam pemilihan ruang atau lokasi (Vahidniaa dkk., 2008).

Proses yang digunakan berbeda dengan penelitian berjudul Perbandingan Metode AHP dan FAHP dalam Proses Pengambilan Keputusan Multi Kriteria dengan Evaluasi Linguistik (*Comparison of AHP and FAHP for The Multicriteria Decision Making Process With Linguistic Evaluations*) oleh Askun Ozdagoglu dan Guzin Ozdagoglu dari Universitas Istambul Ticaret tahun 2007. Pada penelitian tersebut menggunakan studi kasus pemilihan penerimaan karyawan dengan tetap memperhitungkan kriteria yang memiliki nilai ketidakpastian. Maka, digunakan FAHP dengan penyusunan hierarki dari masing-masing kriteria sama seperti pada proses AHP kemudian pemberian bobot untuk masing-masing kriteria tersebut melalui TFN. Nilai-nilai tersebut kemudian disusun dalam matrik berpasangan, analisa *fuzzy* lanjutan (*fuzzy extent analysis*), derajad kemungkinan dari setiap kriteria (*degree of possibility*), melakukan proses normalisasi untuk setiap kriteria, dan menentukan besar vektor prioritas tersebut, sehingga diperoleh keputusan yang terpenting dari masalah multi kriteria, (Ozdagoglu dkk., 2007).

Berdasarkan penelitian mengenai penerapan FAHP pada SIG yang telah dilakukan oleh M.H. Vahidniaa, et.all, tahun 2008, serta Perbandingan Metode AHP dan FAHP dalam Proses Pengambilan Keputusan Multi Kriteria dengan Evaluasi Linguistik oleh Askun dan Guzin dari Universitas Istambul Ticaret tahun 2007, maka penelitian yang akan dilakukan juga menggunakan metode yang sama yaitu FAHP dengan evaluasi linguistik. Pada penelitian yang akan dilakukan metode tersebut akan diterapkan untuk menentukan efektivitas kinerja SPE dalam penyaringan limbah logam cair.

* 1. **Manfaat Penelitian**

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat, diantaranya adalah sebagai berikut :

1. Bagi penelitian lanjutan dengan SPE dapat memanfaatkan hasil penelitian ini sebagai acuan maupun bahan evaluasi serta penyempurnaan dari penelitian-penelitian dengan sistem tersebut.
2. Memberikan rekomendasi pada peneliti selanjutnya untuk melakukan perbandingan SPK berbasis FAHP untuk peniliaian kriteria-kriteria penentu efektivitas SPE dengan SPK lain yang sudah ada atau akan dibuat.
	1. **Tujuan Penelitian**

Tujuan dari penelitian ini adalah membuat rancangan SPK dengan FAHP untuk penilaian efektivitas SPE dalam menyaring limbah logam cair.

**BAB II**

**TINJAUAN PUSTAKA**

**2.1. Tinjauan Pustaka**

Penggunaan metode FAHP pada sebuah SPK sudah pernah dilakukan, seperti penelitian yang berjudul Penggunaan FAHPpada Aplikasi SIG (*Fuzzy Analytical Hierarchy Process in GIS Application*) yang dilakukan oleh M.H. Vahidniaa, dkk., tahun 2008. Pada penelitian yang mereka lakukan, disebutkan bahwa beberapa perencanaan ruang atau permasalahan mengenai ruang seperti pemilihan lokasi dapat diasumsikan sebagai permasalahan kompleks yang memerlukan suatu sistem pengambilan keputusan multi kriteria atau MCDM yang memerlukan beberapa alternatif yang dievaluasi sesuai dengan ukuran-ukuran tertentu (Vahidniaa dkk., 2008).

Pada sebuah SIG terdapat banyak kriteria yang dipertimbangkan dalam merencanakan ruang atau pemilihan lokasi. Kriteria tersebut antara lain perencanaan lingkungan, manajemen ekologi, perencanaan regional, ilmu tata air, dan sumber daya air, ilmu kehutanan, transportasi, pertanian, manajemen resiko alami, alokasi sumber daya, dan pelayanan kesehatan. Pada SIG, seluruh kriteria tersebut digambarkan oleh titik-titik pada sebuah peta lokasi atau ruang, sehingga memerlukan multi analisa (Vahidniaa, dkk., 2008).

*Multi Analysis Decision Making* (MADM) salah satu cabang dari MCDM merupakan suatu pendekatan analisa untuk suatu masalah multi kriteria dengan memberikan penilaian (pembobotan) pada kriteria-kriteria dalam suatu masalah. Penelitian Chackar tahun 2003 menjelaskan bahwa karakteristik MADM mengutamakan analisa dari masing-masing kriteria serta memberikan besaran atau nilai yang tegas terhadap hasil analisa kriteria tersebut. Saaty pada tahun 1980 mengungkapkan bahwa, tujuan utama dari MADM adalah memberikan peringkat atau nilai tegas pada setiap atribut dari kriteria yang terdapat pada suatu masalah multikriteria, prinsip ini sesuai dengan AHP, yang digambarkan dengan matrik berpasangan (Vahidniaa dkk., 2008).

Pengembangan metode AHP sebagai SPK ternyata tidak mampu mengatasi ketidakpastian yang muncul pada masalah multi kriteria. Sebagai lanjutan dari metode AHP maka dikembangkan metode FAHP untuk mengatasi masalah ketidakpastian melalui *Triangular Fuzzy Number* (TFN) yang disusun sebagai matrik berpasangan. Salah satu ketidakpastian pada masalah multi kriteria yaitu SIG dimana ketidakpastian itu berupa titik-titik yang ditunjukkan pada suatu peta (Vahidniaa, dkk., 2008).

Penelitian mengenai Penerapan FAHP pada SIG menggunakan metode pemberian bobot dengan TFN untuk masing-masing kriteria, kemudian disusun menjadi matrik berpasangan, analisa *fuzzy* lanjutan (*fuzzy extent analysis*), derajad kemungkinan dari setiap kriteria (*degree of possibility*), melakukan normalisasi matrik berpasangan, mencari besar vektor prioritas kriteria tersebut, dan yang terakhir adalah dengan mencari nilai ( *cut based method*) sehingga diperoleh kriteria prioritas dari sebuah SIG untuk menentukan sebuah ruang atau lokasi. Proses yang digunakan berbeda dengan penelitian berjudul Perbandingan Metode AHP dan FAHP dalam Proses Pengambilan Keputusan Multi Kriteria dengan Evaluasi Linguistik (*Comparison of AHP and FAHP for The Multicriteria Decision Making Process With Linguistic Evaluations*) oleh Askun Ozdagoglu dan Guzin Ozdagoglu dari Universitas Istambul Ticaret tahun 2007.

Pada penelitian yang dilakukan oleh Askun Ozdagoglu dan Guzin Ozdagoglu pada tahun 2007 bagian uraian FAHP, diketahui bahwa analisa FAHP dimulai dengan penyusunan hierarki dari masing-masing kriteria sama seperti pada proses AHP kemudian pemberian bobot untuk masing-masing kriteria tersebut melalui TFN. Nilai-nilai tersebut kemudian disusun dalam matrik berpasangan, analisa *fuzzy* lanjutan (*fuzzy extent analysis*), derajad kemungkinan dari setiap kriteria (*degree of possibility*), melakukan proses normalisasi untuk setiap kriteria, dan menentukan besar vektor prioritas tersebut, sehingga diperoleh keputusan yang terpenting dari masalah multi kriteria (Ozdagoglu dkk., 2007).

Berdasarkan penelitian tersebut dapat diketahui bahwa metode AHP digunakan untuk mendukung pengambilan keputusan masalah multi kriteria yang tidak memperhitungkan adanya ketidakpastian. Sedangkan FAHP digunakan untuk mendukung pengambilan keputusan masalah multi kriteria yang memperhitungkan adanya ketidakpastian. Studi kasus yang digunakan dalam penelitian tersebut adalah penerimaan pegawai yang memperhitungkan ketidakpastian dari setiap kriterianya. Untuk penilaian setiap kriteria pada penelitian tersebut menggunakan evaluasi linguistik dari setiap pertanyaan atau kuisioner yang diberikan kepada manajer. Hasil dari kuisioner mengenai tingkat kepentingan kriteria (*linguistic variable*) penerimaan pegawai tersebut kemudian diberikan penilaian dengan metode FAHP sehingga memperkecil resiko kesalahan pengambilan keputusan (Ozdagoglu dkk., 2007).

Berdasarkan kedua penelitian tersebut, maka perancangan SPK yang akan dilakukan berusaha menggabungkan kedua penelitian tersebut sebagai referensi. Sedangkan untuk proses penilaian kriteria-kriteria yang menentukan penurunan logam berat terlarut setelah melalui SPE menggunakan FAHP sesuai dengan referensi penelitian yaitu membuat evaluasi linguistik untuk masing-masing kriteria tersebut. Selanjutnya pemberian penilaian atas hasil evaluasi untuk masing-masing kriteria dengan bilangan TFN. Nilai-nilai tersebut kemudian disusun dalam matrik berpasangan, analisa *fuzzy* lanjutan (*fuzzy extent analysis*), derajad kemungkinan dari setiap kriteria (*degree of possibility*), melakukan proses normalisasi untuk setiap kriteria, dan menentukan besar vektor prioritas tersebut, sehingga diperoleh keputusan yang terpenting dari masalah multi kriteria (Ozdagoglu dkk., 2007).

**2.2. Landasan Teori**

**2.2.1. Sistem Penyaring Elektromagnetik**

SPE merupakan salah satu alternatif untuk mengurangi kandungan logam berat pada limbah cair sebelum dibuang ke lingkungan perairan. Sistem ini memanfaatkan prinsip medan magnet yang ditimbulkan oleh adanya arus listrik yang dialirkan pada sebuah solenoida ideal. Medan magnet ini yang digunakan sebagai penyaring dalam SPE. SPE ini menggunakan media penyaring berupa pasir besi yang merupakan bahan dengan mudah termagnetisasi. SPE terbuat dari lilitan kawat tembaga dengan diameter 0,5 mm, sebanyak 800 lilitan, yang dililitkan pada pipa PVC ukuran 1 inch dengan panjang 50 cm, media penyerap yang digunakan berupa pasir besi sebanyak 837 gram yang dianggap homogen, lihat **Gambar 2.1.**

Larutan sampel logam logam nikel (Ni) dalam senyawa NiSO4.6H2O dan kromium (Cr) dalam senyawa Cr(NO3)3.9H2O dialirkan melalui SPE dengan metode aliran lambat, yaitu dengan mengalirkan air ke dalam penyaring melalui bagian bawah penyaring dan larutan akan keluar dari bagian atas penyaring. Dalam penelitian ini aliran larutan dan kuat medan magnet di dalam solenoida dianggap ideal serta pasir besi dan kadar logam dalam larutan dianggap homogen. Larutan hasil penyaringan diuji dengan peralatan *Atomic Absorption Spectrophotometry* (AAS) untuk mengetahui kadar akhir logam Ni dan Cr dalam larutan setelah mengalami proses penyaringan.

Pada penyaringan logam Ni dan Cr terlarut dilakukan sebanyak satu metode yaitu dengan arus listrik tidak tetap antara 0 Ampere hingga 5 Ampere . Besar kadar awal logam terlarut yang digunakan yaitu 100 ppm, 200 ppm, 300 ppm, 400 ppm, dan 500 ppm, dengan banyak penyaringan sebanyak 3 kali, lama penyaringan untuk masing-masing kadar yaitu 1 menit (penyaringan 1), 2 menit (penyaringan 2), dan 3 menit (penyaringan 3). Berdasarkan hasil penelitian yang sudah dilakukan, maka terdapat 6 kriteria penting yang menentukan tingkat efektivitas SPE, yaitu arus listrik, medan magnet, pasir besi, lama penyaringan, sifat kemagnetan logam, dan kadar awal logam terlarut.



Keterangan Gambar :

1. Wadah penampung larutan yang akan disaring.
2. Selang air.
3. Kran 1.
4. Sambungan pipa T.
5. Kran 2.
6. Kran 3.
7. Penampung larutan untuk pengaturan debit aliran.
8. Regulator.
9. Rangkaian penyearah.
10. Multimeter digital.
11. Penyaring elektromagnetik.
12. Tempat larutan hasil penyaringan

**Gambar 2.1.** ***Skema Susunan Sistem Penyaring Elektromagnetik***

 ***(Wagini dan Sukaryono, 2008)***

Penelitian yang dilakukan oleh Christian Oersted pada tahun 1820 menyatakan arus listrik dapat menghasilkan medan magnet. Arus listrik terjadi karena adanya aliran elektron, dimana setiap elektron mempunyai muatan yang besarnya sama. Dalam SPE, besarnya arus listrik yang mengalir pada saat sistem bekerja, merupakan salah satu faktor penting yang menentukan banyaknya kadar logam terlarut yang dapat tersaring. Hal ini dikarenakan arus listrik dapat menimbulkan medan magnet yang mengalir pada solenoida (Halliday dan Resnick, 1998).

Besar arus listrik yang tidak tetap juga akan mempengaruhi besar medan magnet yang dihasilkan, sehingga akan mempengaruhi hasil penyaringan, semakin besar arus listrik yang dihasilkan maka medan magnet yang dihasilkan juga makin besar sehingga proses penyaringan logam dengan sistem semakin sempurna (Wagini dan Sukaryono, 2008). Percobaan yang sudah dilakukan, menggunakan metode arus listrik tidak konstan yaitu 0 hingga 5 Ampere, dapat diketahui bahwa logam Ni dan Cr terlarut sudah mengalami penurunan kadar akhir walaupun belum ada arus listrik yang mengalir melalui sistem. Selain itu pada beberapa data ketika arus listrik tidak konstan 1 Ampere hingga 5 Ampere penyaringan logam Ni dan Cr terlarut juga mengalami kenaikan kadar akhir logam. Hal ini tidak sesuai dengan teori kriteria yang telah dikembangkan sehingga mengakibatkan kesulitan untuk menentukan kriteria utama penentu penurunan kadar akhir logam terlarut yang melalui SPE.

Seperti penjelasan sebelumnya bahwa arus listrik menimbulkan medan magnet yang digunakan pada solenoida (sebuah kawat panjang yang dililitkan di dalam sebuah helix yang terbungkus rapat dan mengangkut sebuah arus listrik). Besar medan magnet yang tidak tetap, juga akan mempengaruhi besar gaya magnet yang dihasilkan solenoida terhadap benda di sekitarnya, dan berpengaruh juga pada kadar akhir logam terlarut yang telah disaring, semakin besar medan magnet yang digunakan pada solenoida maka kadar akhir logam terlarut akan berkurang secara siginifikan setelah melalui SPE (Wagini dan Sukaryono, 2008).

 Besar medan magnet yang mengalir melalui solenoida merupakan kriteria lain penentu penurunan kadar akhir logam terlarut yang melalui SPE. Namun, berdasarkan penelitian yang dilakukan, tanpa adanya arus listrik yang mengalir melalui solenoida artinya sistem bekerja tanpa adanya medan magnet, ternyata kadar akhir logam terlarut juga dapat mengalami penurunan, sedangkan beberapa data juga menunjukkan ketika diberi arus listrik artinya ada medan magnet pada solenoida, kadar akhir logam terlarut setelah melalui SPE justru mengalami kenaikan.

Pasir besi yang digunakan pada sistem penyaring elektromagnetik merupakan salah satu bahan *ferromagnetic*, sehingga dapat memberikan gaya magnet pada benda yang berada di sekitarnya termasuk menarik logam Ni dan Cr terlarut pada limbah cair yang melaluinya (Wagini dan Sukaryono, 2008). Pasir besi sebagai media penyaring yang digunakan SPE. Pada penelitian ini digunakan pasir besi sebanyak 837 gram, selama penelitian berlangsung, untuk pengambilan satu data ke data berikutnya dengan melalui proses pengeringan terlebih dahulu, guna menghilangkan tingkat kejenuhan logam pada pengambilan data sebelumnya.

Berdasarkan hasil penelitian, tanpa adanya medan magnet yang melalui solenoida, ternyata kadar logam Ni dan Cr terlarut sudah mengalami penurunan, walau hanya melalui pasir besi saja, namun pada kadar logam terlarut tertentu, walaupun sudah dialiri medan magnet pada solenoida dan disaring menggunakan pasir besi, justru mengalami kenaikan kadar setelah melalui SPE. Hal inilah yang mengakibatkan kriteria penentu efektivitas dari SPE belum dapat ditentukan dengan pasti.

Semakin lama waktu pengambilan sampel hasil penyaringan akan menyebabkan penurunan efektivitas penyaringan, yang disebabkan oleh efek kejenuhan pasir besi sebagai media penyaring. Efektivitas penyaringan tertinggi diperoleh pada saat pengambilan sampel hasil penyaringan menit-menit pertama yang mencapai 100% (Wagini dan Sukaryono, 2008). Pada penelitian yang sudah dilakukan, diperoleh beberapa data yang tidak sesuai dengan teori kriteria penurunan kadar akhir logam yang sudah dikembangkan. Beberapa data penyaringan baik logam Ni ataupun Cr yaitu pada metode arus listrik konstan dan tidak konstan, menunjukkan bahwa pada 1 menit pertama ternyata hasil kadar akhir logam setelah penyaringan masih lebih tinggi daripada lama penyaringan 2 menit dan 3 menit.

Sifat kemagnetan logam terlarut berpengaruh terhadap tingkat efektivitas SPE. Untuk bahan yang tergolong jenis *ferromagnetic* (*magnetic*)mempunyai tingkat efektivitas penyaringan lebih besar (mudah disaring) dari pada tingkat efektivitas penyaringan pada bahan yang tergolong jenis AFM (Wagini dan Sukaryono, 2008). Dari segi sifat kemagnetan logam Cr dan Ni, logam Ni yang termasuk *ferromagnetic* akan mudah ditarik oleh pasir besi dari pada logam Cr yang termasuk AFM. Hal ini disebabkan karena logam Ni mempunyai suseptibilitas yang positif dan besar, sedangkan logam Cr mempunyai suseptibilitas yang positif dan kecil. Suseptibilitas ini berhubungan dengan magnetisasi.

Berdasarkan hasil penelitian, baik logam Ni dan Cr terlarut bisa diolah melalui SPE, namun tingkat penurunan kadar logam terlarut lebih signifikan pada logam Cr, selain itu berdasarkan penelitian juga diperoleh bahwa pada jenis logam Cr atau Ni pada tingkat kadar dan arus tertentu justru mengalami kenaikan kadar akhir setelah diolah melalui sistem. Selain itu, pada penyaringan logam Cr terlarut lebih banyak data yang mengalami kenaikan kadar akhir logam dibandingkan penyaringan logam Ni terlarut.

Kadar awal logam terlarut juga menjadi salah satu faktor penentu efektivitas SPE, hal ini juga mempengaruhi tingkat kejenuhan kinerja sistem. Berdasarkan penelitian, kadar awal logam terlarut yang kecil ketika melalui SPE menunjukkan penurunan bahkan beberapa data justru mengalami kenaikan kadar akhir yang sangat signifikan setelah melalui sistem. Namun pada kadar awal logam terlarut yang besar baik Ni maupun Cr untuk arus listrik tertentu setelah melalui penyaring elektromagnetik, mengalami penurunan ada juga yang mengalami kenaikan kadar akhir yang cukup siginifikan.

**2.2.2. Konsep Dasar Sistem Pendukung Keputusan dengan Metode *Fuzzy Analytical Hierarchy Process***

SPK adalah sistem berbasis komputer yang interaktif, yang membantu pengambil keputusan memanfaatkan data dan model untuk menyelesaikan masalah-masalah yang tak terstruktur dan semi terstruktur. AHP merupakan pendekatan dasar untuk pengambilan keputusan. AHP dikembangkan oleh Thomas L. Saaty, seorang ahli matematika. Metode ini adalah sebuah kerangka untuk mengambil keputusan dengan efektif atas persoalan yang kompleks dengan menyederhanakan dan mempercepat proses pengambilan keputusan dengan memecahkan persoalan tersebut kedalam bagian-bagiannya, menata bagian atau variabel ini dalam suatu susunan hirarki, memberi nilai numerik pada pertimbangan subjektif tentang pentingnya tiap variabel dan mensintesis berbagai pertimbangan ini untuk menetapkan variabel yang mana yang memiliki prioritas paling tinggi dan bertindak untuk mempengaruhi hasil pada situasi tersebut. Metode AHP ini membantu memecahkan persoalan yang kompleks dengan menstruktur suatu hirarki kriteria, pihak yang berkepentingan, hasil dan dengan menarik berbagai pertimbangan guna mengembangkan bobot atau prioritas (Turban dan Peng Liang, 2005).

Dasar berpikir metode AHP adalah proses membentuk skor secara numerik untuk menyusun rangking setiap alternatif keputusan berbasis pada bagaimana sebaiknya alternatif itu dicocokkan dengan kriteria pembuat keputusan. Kriteria dan alternatif dinilai melalui perbandingan berpasangan. Menurut penelitian yang dilakukan oleh Saaty tahun 1988, untuk berbagai persoalan, skala 1 sampai 9 adalah skala terbaik dalam mengekspresikan pendapat. Nilai dan definisi pendapat kualitatif dari skala perbandingan Saaty dapat dilihat pada **Tabel 2.1.**

Perbandingan dilakukan berdasarkan kebijakan pembuat keputusan dengan menilai tingkat kepentingan satu elemen terhadap elemen lainnya. Proses perbandingan berpasangan, dimulai dari level hirarki paling atas yang ditujukan untuk memilih kriteria, misalnya A, kemudian diambil elemen yang akan dibandingkan, misal A1, A2, dan A3. Maka susunan elemen-elemen yang dibandingkan tersebut akan tampak seperti pada gambar matriks pada **Tabel 2.2.**

**2.2.3. Logika *Fuzzy* untuk Pendukung Keputusan**

Logika *fuzzy* merupakan salah satu komponen pembentuk *soft computing*. Logika *fuzzy* pertama kali diperkenalkan oleh Prof. Lotfi A. Zadeh pada tahun 1965. Dasar logika *fuzzy* adalah teori himpunan fuzzy. Pada teori himpunan *fuzzy*, peranan derajat keanggotaan sebagai penentu keberadaan elemen dalam suatu himpunan sangatlah penting. Nilai keanggotaan atau derajat keanggotaan atau *membership function* menjadi ciri utama dari penalaran dengan logika *fuzzy* tersebut (Kusumadewi dkk., 2010).

**Tabel 2.1.** ***Skala Penilaian Perbandingan Berpasangan AHP***

|  |  |
| --- | --- |
| **Intensitas Kepentingan** | **Keterangan** |
| 1 | Kedua elemen sama pentingnya |
| 3 | Elemen yang satu sedikit lebih penting daripada elemen yang lainnya |
| 5 | Elemen yang satu lebih penting daripada yang lainnya |
| 7 | Satu elemen jelas lebih mutlak penting daripada elemen lainnya |
| 9 | Satu elemen mutlak penting daripada elemen lainnya  |
| 2,4,6,8 | Nilai-nilai antara dua nilai pertimbangan-pertimbangan yang berdekatan |

**Tabel 2.2.** ***Susunan Matrik Berpasangan AHP***

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | A1 | A2 | A3 |
| A1 | 1 |  |  |
| A2 |  | 1 |  |
| A3 |  |  | 1 |

Dalam banyak hal, logika *fuzzy* digunakan sebagai suatu cara untuk memetakan permasalahan dari *input* menuju ke *output* yang diharapkan. Berdasarkan penelitian Gelley pada tahun 2000, logika *fuzzy* dapat dianggap sebagai kotak hitam yang menghubungkan antara ruang *input* menuju ke ruang *output*. Kotak hitam tersebut berisi cara atau metode yang dapat digunakan untuk mengolah data *input* menjaudi *output* dalam bentuk informasi yang baik, lihat **Gambar 2.2.**  (Kusumadewi dkk., 2010).

KOTAK HITAM

**RUANG *INPUT***

**RUANG *OUTPUT***

**Gambar 2.2.** ***Pemetaan Input-Output***

Menurut penelitian Cox tahun 1994, ada beberapa alasan mengapa orang menggunakan logika *fuzzy*, antara lain :

1. Konsep logika *fuzzy* mudah dimengerti. Karena logika *fuzzy* menggunakan dasar teori himpunan, maka konsep matematis yang mendasari penalaran *fuzzy* tersebut cukup mudah dimengerti.
2. Logika *fuzzy* sangat fleksibel, artinya mampu beradaptasi dengan perubahan-perubahan, dan ketidakpastian yang menyertai permasalahan.
3. Logika *fuzzy* memiliki toleransi terhadap data yang tidak tepat. Jika diberikan sekelompok data yang cukup homogeny, dan kemudian ada beberapa data yang “eksklusif”, maka logika *fuzzy* memiliki kemampuan untuk menangani data eksklusif tersebut.
4. Logika *fuzzy* mampu memodelkan fungsi-fungsi nonlinear yang sangat kompleks.
5. Logika *fuzzy* dapat membangun dan mengaplikasikan pengalaman-pengalaman para pakar secara langsung tanpa harus melalui proses pelatihan. Dalam hal ini, sering dikenal dengan nama *Fuzzy Expert Systems* menjadi bagian terpenting.
6. Logika *fuzzy* dapat bekerjasama dengan teknik-teknik kendarli secara konvensional. Hal ini umumnya terjadi pada aplikasi di bidang teknik mesin maupun teknik elektro.
7. Logika *fuzzy* didasarkan pada bahasa alami. Logika *fuzzy* menggunakan bahasa sehari-hari sehingga mudah dimengerti.

Pada himpunan yang berisi bilangan tegas (*crisp*) dan tidak memperhitungkan ketidakpastian, nilai keanggotaan suatu item dalam suatu himpunan , yang sering ditulis dengan , memiliki dua kemungkinan, yaitu :

1. Satu (1), yang berarti bahwa suatu item menjadi anggota dalam suatu himpunan.
2. Nol (0), yang berarti bahwa suatu item tidak menjadi anggota dalam suatu himpunan.

Jika pada himpunan *crisp*, nilai keanggotaan hanya ada 2 kemungkinan, yaitu 0 atau 1, pada himupunan *fuzzy* nilai keanggotaan terletak pada rentang 0 sampai 1. Apabila memiliki nilai keanggotaan *fuzzy* berarti tidak menjadi anggota himpunan , demikian pula apabila memiliki nilai keanggotaan *fuzzy*  berarti menjadi anggota penuh pada himpunan . Terkadang kemiripan antara keanggotaan *fuzzy* dengan probabilitas menimbulkan kerancuan. Keduanya memiliki nilai pada interval , namun interpretasi nilainya sangat berbeda antara kedua kasus tersebut (Kusumadewi dkk., 2010).

Keanggotaan *fuzzy* memberikan suatu ukuran terhadap pendapat atau keputusan, sedangkan probabilitas mengindikasikan proporsi terhadap keseringan suatu hasil bernilai benar dalam jangka panjang. Himpunan *fuzzy* memiliki 2 atribut, yaitu :

1. Linguistik, yaitu penamaan suatu grup yang mewakili suatu keadaan atau kondisi tertentu dengan menggunakan bahasa alami, pada penelitian ini diasumsikan sebagai definisi tingkat kepentingan dari bobot TFN yaitu, Kedua Elemen sama Penting, Kedua Elemen Mendekati sama Penting, Elemen yang Satu Mendekati Sedikit lebih Penting daripada Elemen yang Lainnya, dan seterusnya seperti pada **Tabel 2.3.**
2. Numeris, yaitu suatu nilai (angka) yang menunjukkan ukuran dari suatu variabel, pada penelitian ini diasumsikan sebagai besar bobot dari TFN yaitu, (1,1,1), (1,2,3), (2,3,4), (3,4,5), (4,5,6), (5,6,7), (6,7,8), (7,8,9), (8,9,9).

Ada beberapa hal yang perlu diketahui dalam memahami sistem *fuzzy*, yaitu :

1. Variabel *fuzzy*

Variabel *fuzzy* merupakan variabel yang hendak dibahas dalam suatu sistem *fuzzy*. Pada penelitian ini diasumsikan sebagai kriteria-kriteria penentu penurunan kadar akhir logam terlarut yang melalui SPE, yaitu arus listrik, besar medan magnet, pasir besi, lama penyaringan, sifat kemagnetan logam, kadar awal logam.

1. Himpunan *fuzzy*

Himpunan *fuzzy* merupakan suatu grup yang mewakili suatu kondisi atau keadaan tertentu dalam suatu variabel *fuzzy.* Dalam penelitian ini diasumsikan sebagai alternatif dari masing-masing kriteria (subkriteria) yaitu kuantitas besar, kuantitas kecil, *magnetic*, *non magnetic*.

1. Semesta pembicaraan

Semesta pembicaraan adalah keseluruhan nilai yang diperbolehkan untuk dioperasikan dalam suatu variabel *fuzzy*. Pada penelitian ini dapat diasumsikan nilai (bobot) TFN yang diperbolehkan untuk menilai masing sub kriteria.

1. Domain

 Domain himpunan *fuzzy* adalah keseluruhan nilai yang diizinkan dalam semesta pembicaraan dan boleh dioperasikan dalam suatu himpunan *fuzzy*. Dalam penelitian ini diasumsikan sebagai besar TFN dan definisi dari besaran tersebut.

Fungsi keanggotaan (*membership function*) adalah suatu kurva yang menunjukkan pemetaan titik-titik *input* data ke dalam nilai keanggotaannya (sering juga disebut dengan derajat keanggotaan) yang memiliki interval antara 0 sampai 1. Salah satu cara yang dapat digunakan untuk mendapatkan nilai keanggotaan adalah dengan melalui pendekatan fungsi (Kusumadewi dkk., 2010). Pada penelitian ini digunakan representasi kurva segitiga yang pada dasarnya gabungan antara 2 garis linear seperti **Gambar 2.3.**

**2.2.4. *Fuzzy Analytical Hierarchy Process***

Deng pada tahun 1999 menyatakan, walaupun metode AHP lebih banyak digunakan dalam membangun sebuah SPK, namun metode ini memiliki kekurangan, yaitu tidak mempertimbangkan adanya ketidakpastian dan keraguan dalam pengambilan keputusan. Sejak ketidakpastian dan keraguan sering muncul dalam proses pengambilan keputusan, maka pada penelitian Mikhailov dan Tsvetinov tahun 2004, dikembangkanlah FAHP. Metode FAHP dikenal juga sebagai AHP Konvensional atau AHP Lanjutan, yang menggabungkan logika ketidakpastian (*fuzzy logic*) yaitu mempertimbangkan adanya ketidakpastian dan keraguan, dengan adanya interval pada setiap peringkat, sehingga dapat digunakan untuk pengambilan keputusan suatu masalah yang kompleks (*multi attribute*) (Vahidniaa dkk,, 2008).



Derajat keanggotaan

a

c

b

**Gambar 2.3.** ***Kurva Segitiga (Kusumadewi dkk, 2010)***

Zadeh pada tahun 1965, untuk pertama kalinya memperkenalkan suatu metode matematika tentang ketidakpastian (*fuzzy sets*). Karakteristik utama dari *fuzzy sets* adalah pengelompokan masing-masing anggota dari suatu fungsi ke dalam peringkat-peringkat (kelas-kelas) yang memiliki interval-interval (Hansen, 2005). Dalam *fuzzy sets*, interval pada peringkat-peringkat (kelas-kelas) tersebut berkisar antara nol hingga satu, dan dinyatakan dalam TFN, yang dimisalkan , dengan merupakan nilai kemungkinan yang paling kecil, merupakan nilai kemungkinan tengah, dan merupakan kemungkinan yang paling besar sehingga dapat digambarkan kurva segitiga seperti **Gambar 2.4.**



**Gambar 2.4. *Grafik Triangular Fuzzy Number (Ozdagoglu dkk., 2007)***

**Tabel 2.3.** ***Skala Penilaian Perbandingan Berpasangan (TFN) Fuzzy AHP***

 ***(Anagnostopoulos dkk., 2007)***

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Variabel Linguistik** | **Nilai Tegas** | ***Triangular Fuzzy Number*** |
| **AHP** | **TFN** |
| Kedua elemen sama penting | 1 | (1,1,1) |
| Kedua elemen mendekati sama penting | 2 | (1,2,3) |
| Elemen yang satu mendekati sedikit lebih penting daripada elemen yang lainnya | 3 | (2,3,4) |
| Elemen yang satu sedikit lebih penting daripada elemen yang lainnya | 4 | (3,4,5) |
| Elemen yang satu mendekati lebih penting daripada yang lainnya | 5 | (4,5,6) |
| Elemen yang satu lebih penting daripada yang lainnya | 6 | (5,6,7) |
| Satu elemen mendekati mutlak lebih penting daripada elemen lainnya | 7 | (6,7,8) |
| Satu elemen mutlak lebih penting daripada elemen lainnya | 8 | (7,8,9) |
| Satu elemen mutlak penting daripada elemen lainnya  | 9 | (8,9,9) |

Sebelum memulai proses FAHP, maka disusun kriteria dan sub kriteria secara hierarki. Kemudian sub kriteria dari masing-masing kriteria tersebut dievaluasi menggunakan bilangan TFN dengan batasan seperti **Tabel 2.3** Setelah masing-masing sub kriteria diberikan penilaian kemudian disusun ke dalam bentuk matrik berpasangan sebagai berikut :



 (2.1) (2)

merupakan matrik TFN dari penilaian masing-masing subkriteria.

Setelah tersusun matrik berpasangan dari TFN, selanjutnya dilakukan analisa *fuzzy* lanjutan dengan persamaan berikut :

 (2.2)

 merupakan penjumlahan dari masing-masing nilai TFN pada matrik berpasangan . Dimana adalah nilai terendah dari TFN, adalah nilai tengah dari TFN, dan adalah nilai tertinggi dari TFN pada matrik berpasangan. Sedangkan merupakan invers dari operasional penjumlahan TFN yaitu .

Setelah operasional *fuzzy* lanjutan, selanjutnya dilakukan proses pencarian derajat kemungkinan (*degree of possibility*) dari hasil operasional *fuzzy* lanjutan. *Degree of possibility* diasumsikan dari dimana dan adalah sebagai berikut :

 (2.3)

Sehingga diperoleh *degree of possibility* :

 (2.4)

Untuk membandingkan dan diperlukan nilai dan .

Jika derajat ketidakpastian (*degree of possibility*) dari bilangan TFN lebih besar dari konstanta bilangan *fuzzy*  diasumsikan sebagai berikut :

.

Persamaan (2.4) dapat diilustrasikan seperti **Gambar 2.5.**



**Gambar 2.5. *Grafik Persimpangan dan (Ozdagoglu dkk., 2007)***

Berdasarkan uraian tersebut dapat diasumsikan persamaan :

 (2.5)

dimana . Selanjutnya diperoleh vektor prioritas (*vector priority*) :

 (2.6)

dengan . Nilai dari *W* diperoleh dari persamaan:

 (2.7)

dimana . Tahap berikutnya setelah *vector priority* diperoleh, hasil dari *extend fuzzy analysis* diminimalisasi guna analisa *weight vector*.Langkah terakhir setelah melalui normalisasi diperoleh persamaan vektor prioritas (*weight vector*) yaitu :

 (2.8)

 **2.2.5. Rancang Bangun Sistem Pendukung Keputusan untuk Menentukan Efektivitas Sistem Penyaring Elektromagnetik**

Proses pengambilan keputusan memiliki empat fase yaitu fase intelegensi (*intelligence*), fase desain (*design*), fase pilihan (*choice*), dan fase implementasi (*implementation*) (Turban, Aronson, dan Liang, 2005). Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, penyaringan logam terlarut dengan SPE sangat dipengaruhi oleh 6 kriteria utama yaitu arus listrik, besar medan magnet, pasir besi, lama penyaringan, sifat kemagnetan logam, dan kadar awal logam. Beberapa hasil penyaringan menunjukkan ketidaksesuaian hasil penyaringan dengan teori kriteria yang telah dikembangkan.

Selain 6 teori kriteria yang telah dikembangkan, ternyata hasil penyaringan juga dipengaruhi oleh keberadaan lingkungan sekitar ketika proses penyaringan berlangsung, sehingga memunculkan 4 sub kriteria untuk masing-masing kriteria yaitu kuantitas besar, kuantitas kecil, *magnetic*, dan *magnetic* lemah. Keadaan tersebut mengakibatkan kesulitan untuk menentukan efektivitas kriteria utama yang mempengaruhi penurunan kadar logam setelah penyaringan. Selanjutnya untuk mengatasi kesulitan, maka diperlukan sebuah rancangan SPK yang mempertimbangkan ketidakpastian, yaitu dengan metode FAHP*.*

Persiapan dimulai dari pembuatan SPE serta persiapan larutan logam yang akan disaring, dilanjutkan dengan tahap penelitian yaitu penyaringan logam dengan SPE sehingga diperoleh data kemudian mulai menyususn kriteria beserta hierarkinya dan dilanjutkan dengan menyusun pertanyaan guna evaluasi *linguistic* dengan peneliti yang lebih ahli mengenai hasil penyaringan yang sudah dilakukan. Langkah selanjutnya setelah data hasil penyaringan diperoleh, penyesuaian dengan pertanyaan evaluasi *linguistic* yang telah disusun, pada tahap ini juga dilakukan pemberian bobot untuk tiap kriteria.

Tahap berikutnya membuat rancang bangun SPK dengan menggunakan metode FAHP, rancangan atau desain untuk pengambilan keputusan dari bobot pada masing-masing kriteria, yaitu mulai dari desain untuk matrik berpasangan TFN, *extend fuzzy analysis*, *degree of possibility*, *vector priority*, dan *weight of vector priority*. Pada tahap output, sudah dapat diperoleh desain untuk peringkat masing-masing kriteria dan sub kriteria yang mempengaruhi penurunan kadar logam terlarut.

**DAFTAR PUSTAKA**

Klir, Yuan, 1995, *Fuzzy Set and Fuzzy Logic*, Prentice Hall.

Kusumadewi, S. dan Purnomo, H. 2010, *Aplikasi Logika Fuzzy untuk Pendukung Keputusan*, Edisi 2, Penerbit Graha Ilmu, Yogyakarta, 1-29.

Mahmoodzadeh, A. dkk., 2007, Project Selection by Using Fuzzy AHP and TOPSIS Technique, *Journal of Engineering and Technology(30)*, 333-338.

Nilamsari, Dewi, 2007, *Studi Fisis Pengaruh Medan Magnet pada Sistem Penyaring Elektromagnetik Terhadap Kandungan Logam dalam Larutan Sampel*, Skripsi, Fisika MIPA Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

Ozdagoglu, A. andOzdagoglu, G., 2007, Comparison of AHP and Fuzzy AHP for The Multicriteria Decision Making Process With Linguistic Evaluations, *Journal of IstambulTicaret Universities (6)*, 65-85.

Turban, E. Aronson, J. and Peng Liang, T., 2005, *Decision Support Systems and Intelligent Systems 7th Edition*, *Volume 1*, Penerbit Andi, Yogyakarta, 131-140.

Turban, E. Aronson, J. and Peng Liang, T., 2005, *Decision Support Systems and Intelligent Systems 7th Edition*, *Volume 2*, Penerbit Andi, Yogyakarta, 845-891.

Wagini, R. dan Sukaryono, I.D., 2008, Studi Penentuan Efektivitas Penyaringan Logam Krom (Cr) dan Nikel (Ni) pada Sistem Penyaring, *Jurnal Fisika Lingkungan MIPA UGM Yogyakarta (241)*, 1-15.

Vahidnia, M.H. dkk., 2008,Fuzzy Analytical Hierarchy Process in GIS Application, *Journal ofThe International Archives of the Photogrammetry Remote Sensing and Spatial Information SciencesFaculty of Geodesy and Geomatics Eng. K.N.Toosi University of Technology (37)*, 593-596.