

PENERAPAN *GAME THEORY* SEBAGAI SOLUSI PEMBERDAYAAN SUMUR POMPA DALAM UNTUK PROSES IRIGASI PERTANIAN DI KABUPATEN MADIUN

Makruf Nur Hidayat, Erwin Widodo, S.T, M.Eng, Dr.Eng
Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)
Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111 Indonesia
e-mail: merbrow@gmail.com, erwin_widodo@yahoo.com

Abstrak—

Pertanian adalah sektor pekejaan penting bagi daerah – daerah di Indonesia. Salah satunya adalah bagi daerah Kabupaten Madiun dimana sebagian besar penduduk Kabupaten Madiun bekerja di sektor ini. Salah satu proses yang penting didalam pertanian adalah irigasi. Di Kabupaten Madiun petani menggunakan 2 teknologi untuk sistem irigasi pompa yaitu sumur pantek dan Sumur Pompa Dalam. Sumur Pompa Dalam penting untuk diberdayakan karena lebih ekonomis dibandingkan sumur pantek dan tidak menyebabkan air dipermukaan tanah dangkal turun secara drastis. Meskipun demikian, Sumur Pompa Dalam belum diberdayakan secara menyeluruh oleh masyarakat di Kabupaten Madiun. Untuk melakukan pemberdayaan Sumur Pompa Dalam, ada tiga *stakeholder* utama yang harus diperhatikan yaitu Dinas PU dan Pengairan, Kelompok Tani dan Himpunan Petani Pemakai Air (HIPPA). Oleh karena itu, penelitian ini akan menerapkan metode *game theory* untuk memberikan alternatif solusi untuk pemberdayaan Sumur Pompa Dalam. Konsep permodelan sistem juga digunakan pada penelitian ini untuk membangun model permasalahan tersebut yang bersifat kompleks. Penelitian ini diawali dengan pengembangan model pemberdayaan Sumur Pompa Dalam. Pada tahap ini, dilakukan pembuatan model konseptual, formulasi model matematis, verifikasi dan validasi. Setelah itu, dilakukan pengembangan model *game theory*. Pada tahap ini dilakukan formulasi alternatif strategi, formulasi alternatif scenario dan *running* hasil skenario. Setelah kedua model tersebut selesai dibangun, selanjutnya dilakukan formulasi *matrix payoff*. *Matrix payoff* ini selanjutnya diolah dengan menggunakan *software gambit* untuk mendapatkan *Nash equilibrium point*. *Nash equilibrium point* yang diperoleh selanjutnya dianalisis. Hasil dari analisis yang dilakukan diketahui bahwa skenario pengambilan keputusan yang sebaiknya dipilih adalah skenario 40.

Kata kunci : *Game Theory, Nash Equilibrium Point, Influence Diagram, Software Gambit, Formulasi Model.*

I. PENDAHULUAN

Pertanian merupakan salah satu sektor lapangan pekerjaan yang penting bagi daerah – daerah di Indonesia. Menurut data dari BPS tahun 2014, sebesar 34 % masyarakat Indonesia bekerja pada sektor tersebut. Persentase tersebut merupakan persentase yang paling besar jika dibandingkan dengan sektor lapangan pekerjaan yang lain. Pada tahun 2014 jumlah penduduk di Indonesia yang bekerja dengan usia diatas 15 tahun mencapai 114.628.026 jiwa (BPS, 2014). Dengan demikian, sekitar 38.973.033 penduduk di Indonesia bekerja di sektor pertanian. Dari jumlah tersebut, Provinsi Jawa Timur adalah Provinsi dengan persentase terbesar yang penduduknya bekerja di sektor pertanian. Persentase penduduk di Provinsi Jawa Timur yang bekerja di sektor pertanian sebesar 18,63 %. Dengan kata lain sebesar 7.261.367 penduduk di Indonesia yang bekerja di sektor pertanian berlokasi di Jawa Timur.

Salah satu daerah di Jawa Timur yang penduduknya banyak bekerja di sektor pertanian adalah Kabupaten Madiun. Kabupaten Madiun memiliki luas wilayah sebesar 101.086 Ha. Secara administratif pemerintahan, Kabupaten Madiun terbagi menjadi 15 kecamatan, 8 kelurahan dan 198 desa. Kabupaten Madiun memiliki luas area persawahan sebesar 30.951 Ha, tegal sebesar 7.091,54 Ha, perkebunan sebesar 2.472 Ha dan hutan negara sebesar 4.0511 Ha (Pemkab Madiun, 2016). Dari 7.261.367 penduduk di Jawa Timur yang bekerja di bidang pertanian, sebesar 165.060 atau 2,27 % berada di Kabupaten Madiun. Jumlah ini berada di atas rata – rata daerah di Jawa timur yaitu sebesar 91.916 untuk pekerja yang bekerja disektor pertanian. Pada tahun 2014, jumlah pekerja di Kabupaten Madiun dengan usia diatas 15 tahun mencapai 350.522 jiwa (BPS, 2014). Dengan kata lain, sekitar 47 % penduduk di daerah ini bekerja di sektor pertanian. Gambar 1.1 berikut ini merupakan grafik persentase pekerjaan untuk penduduk berusia diatas 15 tahun di Kabupaten Madiun.

Salah satu proses yang penting dalam sektor pertanian adalah proses irigasi. Proses irigasi dilakukan untuk mencukupi kebutuhan air tanaman. Proses tersebut harus dilakukan karena tanaman membutuhkan air yang cukup untuk proses pertumbuhan dan perkembangannya (Sidharta, 1997). Di Kabupaten Madiun petani melakukan proses irigasi pertanian dengan menggunakan sistem gravitasi. Dalam sistem irigasi gravitasi, sumber air diambil dari permukaan bumi (Sidharta, 1997). Contoh sistem irigasi gravitasi yang digunakan petani di Kabupaten Madiun antara lain air sungai dan waduk. Selain itu

petani di Kabupaten Madiun juga menggunakan sistem irigasi pompa. Sistem irigasi pompa dilakukan apabila sistem irigasi gravitasi tidak dapat mencukupi kebutuhan air (Sidharta, 1997). Kondisi ini terjadi di beberapa daerah di Kabupaten Madiun baik musim kemarau maupun musim penghujan. Contoh sistem irigasi pompa yang digunakan petani di Kabupaten Madiun antara lain sumur pantek dan Sumur Pompa Dalam.

Sumur Pompa Dalam adalah salah satu sistem irigasi pompa di Kabupaten Madiun yang penting untuk diberdayakan. Hal tersebut dikarenakan Sumur Pompa Dalam memiliki kelebihan dibandingkan sumur pantek milik petani (Ihsanudin, 2016). Kelebihan yang pertama, Sumur Pompa Dalam tidak menyebabkan permukaan air tanah dangkal turun secara signifikan (Ihsanudin, 2016). Itu terjadi karena Sumur Pompa Dalam mengambil air tanah pada kedalaman lebih dari 100 meter dibawah permukaan tanah. Kondisi tersebut berbeda dengan sumur pantek milik petani yang hanya mengambil air dari permukaan tanah yang dangkal. Kelebihan yang kedua, Sumur Pompa Dalam lebih menghemat waktu dan biaya untuk proses irigasi (Ihsanudin, 2016). Itu terjadi karena debit air Sumur Pompa Dalam lebih besar dibandingkan dengan sumur pantek milik petani.

Meskipun pemberdayaan Sumur Pompa Dalam untuk proses irigasi pertanian penting, petani di Kabupaten Madiun masih belum menggunakan Sumur Pompa Dalam seluruhnya. Masih terdapat Sumur Pompa Dalam yang dapat beroperasi tetapi tidak digunakan oleh petani. Karena memiliki berbagai kelebihan dibandingkan dengan sumur pantek milik petani, seharusnya Sumur Pompa Dalam dapat diberdayakan. Untuk melakukan pemberdayaan Sumur Pompa Dalam ada beberapa hal yang perlu diperhatikan. Pertama, terdapat beberapa *stakeholder* yang terkait dengan pemberdayaan Sumur Pompa Dalam tersebut. *Stakeholder* tersebut antara lain Dinas PU dan Pengairan, Kelompok Tani dan Himpunan Petani Pemakai Air (Ihsanudin, 2016). Keputusan yang diambil oleh masing – masing *stakeholder* akan berpengaruh terhadap *stakeholder* yang lain. Kedua, sistem permasalahan terkait dengan pemberdayaan Sumur Pompa Dalam ini bersifat kompleks. Ini terjadi karena pada permasalahan tersebut terdapat berbagai *variabel* yang saling berkaitan didalam melakukan penentuan *value* bagi masing – masing *stakeholder* terkait dengan pemberdayaan Sumur Pompa Dalam.

Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini mencoba untuk menerapkan konsep *game theory* dengan karakteristik *n-player non zero sum game* untuk merekomendasikan keputusan yang dapat memberikan *win - win solution* bagi Dinas PU dan Pengairan, Kelompok Tani dan Himpunan Petani Pemakai Air terkait dengan pemberdayaan Sumur Pompa Dalam untuk proses irigasi pertanian di Kabupaten Madiun. Selain itu, untuk menentukan *value* bagi masing – masing *stakeholder* terkait dengan pemberdayaan Sumur Pompa Dalam akan digunakan konsep permodelan sistem. Dengan demikian, penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat khususnya bagi Dinas PU dan Pengairan, Kelompok Tani dan Himpunan Petani Pengguna Air terkait dengan pemberdayaan Sumur Pompa Dalam untuk proses irigasi pertanian di Kabupaten Madiun.

II. METODOLOGI PENELITIAN

A. Tahap Pengembangan Model Pemberdayaan Sumur Pompa Dalam

Model ini dibuat melalui 3 tahap. Tahap pertama dilakukan pembuatan model konseptual dengan menggunakan *influence diagram*. Tahap kedua dilakukan formulasi model dengan menggunakan *software excell*. Tahap ketiga dilakukan verifikasi dan validasi model.

B. Tahap Pengembangan Model *Game Theory*

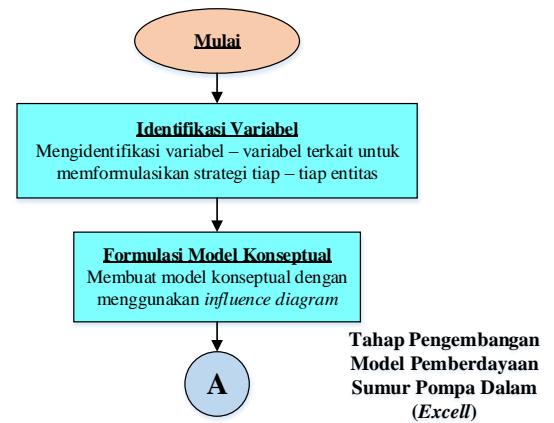
Model ini dibuat melalui 3 tahap. Tahap pertama dilakukan formulasi alternatif strategi. Tahap kedua dilakukan formulasi alternatif skenario. Tahap ketiga dilakukan *running* hasil skenario..

C. Tahap Analisis Model *Game Theory*

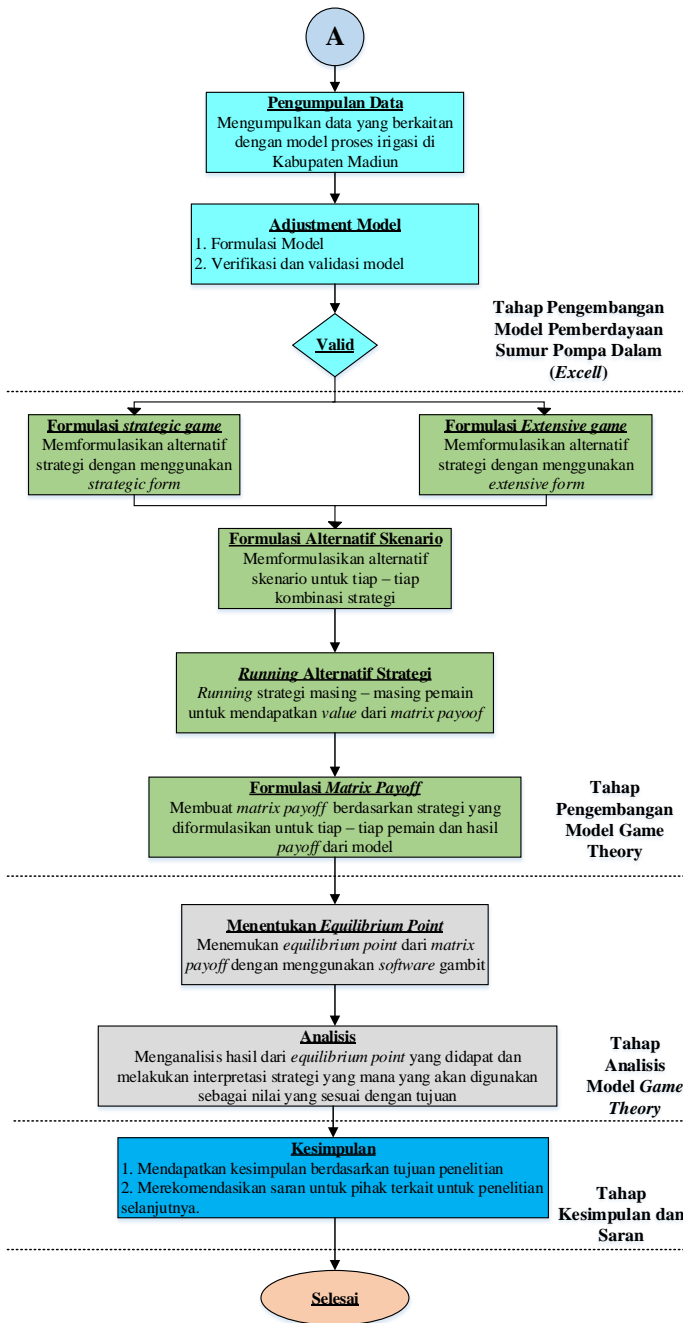
Setelah kedua model terbentuk, selanjutnya dilakukan formulasi *matrix payoff*. *Software gambit* digunakan untuk menentukan *equilibrium point* dari matrix payoff tersebut.. Setelah itu dilakukan analisis terhadap *equilibrium point* yang didapat.

D. Tahap Penarikan Kesimpulan

Pada tahap ini, akan disusun kesimpulan dan saran, dimana kesimpulan dan saran dibuat berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan sebelumnya. Kesimpulan dirumuskan untuk menjawab tujuan dari penelitian, sedangkan saran dirumuskan untuk memberikan usulan bagi perbaikan penelitian selanjutnya.



Gambar 1. Flowchart Penelitian

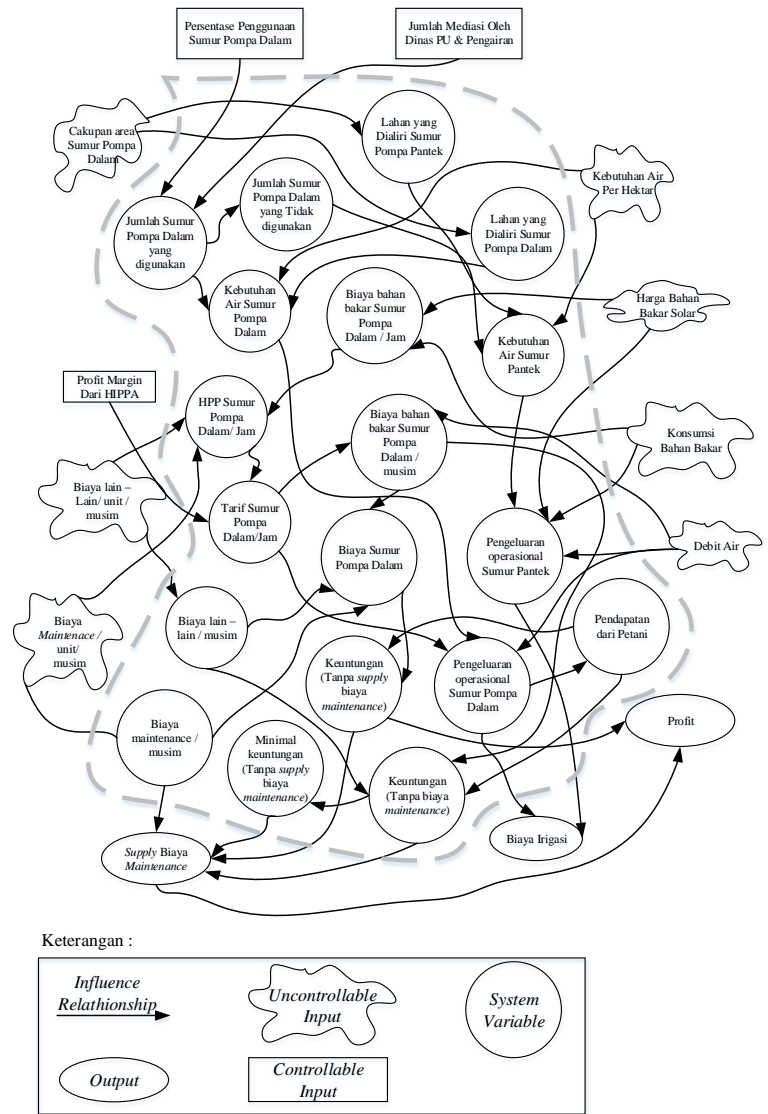


Gambar 1. Flowchart Penelitian (lanjutan)

III. PENGEMBANGAN MODEL

A. Pengembangan Model Pemberdayaan Sumur Pompa Dalam

Untuk membangun model ini pertama – tama dilakukan pembuatan model konseptual dengan menggunakan *influence diagram*.



Gambar 2. Influence Diagram dari Model Pemberdayaan Sumur Pompa Dalam

Selanjutnya, dilakukan formulasi model matematis dengan menggunakan software *Ms.Excell*. Interface dari formulasi model ini dapat dilihat pada gambar 5 di lampiran. Setelah model terbentuk, dilakukan uji verifikasi dan validasi. Verifikasi dilakukan untuk memastikan formulasi model matematis sudah sesuai dengan model konseptual yang dibangun. Validasi dilakukan untuk memastikan model yang dibangun sudah sesuai dengan kondisi sebenarnya.

B. Pengembangan Model Game Theory

Model ini dibangun dengan diawali tahap formulasi strategi oleh masing – masing *player*. Formulasi masing – masing strategi oleh *player* sebagai berikut :

Tabel 1. Alternatif Strategi Dinas PU dan Pengairan

Index	Strategi (Melakukan mediasi)	Kuantitas mediasi
S1.1	Menyelesaikan mediasi dalam 3 tahun	15
S1.2	Menyelesaikan mediasi dalam 2 tahun	23
S1.3	Menyelesaikan mediasi dalam 1 tahun	45

Tabel 2. Alternatif Strategi Kelompok Tani

Index	Strategi (Penggunaan Sumur Pompa Dalam)	Persentase
S2.1	Tidak ada Kelompok Tani yang menggunakan Sumur Pompa Dalam	0%
S2.2	Sebagian kecil Kelompok Tani menggunakan Sumur Pompa Dalam	20%
S2.3	Sebagian besar Kelompok Tani menggunakan Sumur Pompa Dalam	80%
S2.4	Seluruh Kelompok Tani menggunakan Sumur Pompa Dalam	100%

Tabel 3. Alternatif Strategi HIPPA

Index	Strategi (Profit Margin)	Persentase
S3.1	Profit margin 1 %	1%
S3.2	Profit margin 2 %	2%
S3.3	Profit margin 3 %	3%
S3.4	Profit margin 4 %	4%

Setelah dilakukan formulasi alternatif strategi, selanjutnya akan dilakukan formulasi alternatif skenario. Skenario dalam hal ini diartikan sebagai kombinasi masing – masing strategi tiap – tiap *player*. Sehingga jumlah skenario didalam *game* ini adalah 48 skenario yang merupakan hasil kali dari alternatif strategi masing – masing *player*. Ketika skenario ini telah terbentuk, selanjutnya dilakukan *running* skenario dengan menggunakan model Pemberdayaan Sumur Pompa Dalam yang telah dibuat. Hasil dari *running* tersebut selanjutnya digunakan untuk menyusun *matrix payoff*. Setelah *matrix payoff* terbentuk dilakukan penentuan equilibrium dengan *software gambit* seperti pada gambar berikut :

.52428471332	-.222250512	74809191	.52212186474	-.199622849	3
.52428471332	-.222250512	151537814	.52288915097	-.199622849	6
.52428471332	-.222250512	228266437	.52365643720	-.199622849	9
.52428471332	-.465433664	36365078	.54760401000	-.287483205	6
			.402	-.203662717	4
			.804	-.203662717	8
			.206	-.203662717	12

Gambar 3. Penggunaan *Software Gambit* untuk Mendapatkan *Nash Equilibrium Point*.

#	1: S1.1	1: S1.2	1: S1.3	2: S2.1	2: S2.2	2: S2.3	2: S2.4	3: S3.1	3: S3.2
1	1	0	0	0	0	0	1	0	0

Gambar 4. *Nash Equilibrium Point* yang didapat dari *Software Gambit*

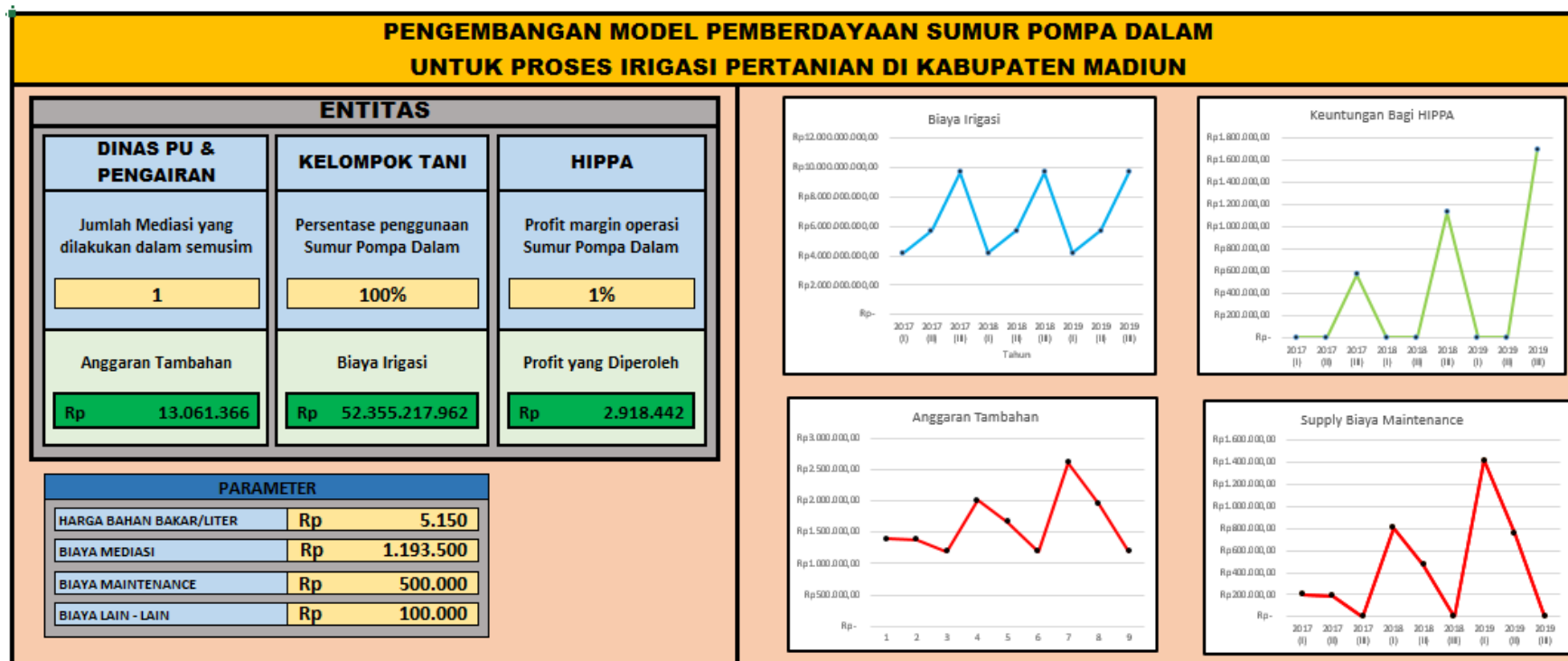
Dengan *software gambit* tersebut didapatkan *Nash equilibrium point*. *Nash equilibrium point* menunjukkan bahwa dalam permasalahan ini akan didapatkan *win – win solution* jika Dinas PU dan Pengairan menggunakan S1.1, Kelompok Tani menggunakan strategi S2.4 dan HIPPA menggunakan strategi S3.4. Ketika strategi tersebut dipilih akan didapatkan *value* dari *game* yang didapatkan oleh Dinas PU dan Pengairan sebesar Rp -130.188.814, Kelompok Tani sebesar Rp -52.193.367.877 dan HIPPA adalah Rp 854.142.112. *Value* tersebut merupakan *equilibrium point* yang dapat memberikan *win – win solution*.

IV. KESIMPULAN/RINGKASAN

Model pemberdayaan Sumur Pompa Dalam berhasil dibangun dengan didahului oleh penyusunan model konseptual dengan memanfaatkan *influnce diagram*. Selanjutnya variabel – variabel serta keterkaitannya diterjemahkan kedalam model matematis dengan menggunakan *software Ms. Excell*. Model ini telah di verifikasi dan divalidasi dan telah merepresentasikan kondisi yang ada. Alternatif keputusan telah berhasil diformulasikan setelah dilakukan *brainstorming* dan wawancara dengan Dinas PU dan Pengairan. Evaluasi performansi masing – masing skenario telah berhasil dilakukan dan didapatkan *value* (benefit) untuk masing – masing skenario.

Dalam rangka menentukan skenario yang terbaik untuk semua *player* yang terlibat didalam permasalahan ini, disusunlah model *strategic form N – Player* berdasarkan *game theory*. Berdasarkan kriteria *pure nash equilibrium* didapatkan hasil bahwa skenario keputusan yang diambil oleh masing – masing *stakeholder* agar didapatkan *win – win solution* untuk Dinas PU dan Pengairan, Kelompok Tani dan HIPPA adalah skenario 40 dengan *value of the game* oleh Dinas PU dan Pengairan sebesar Rp -130.188.814, Kelompok Tani sebesar Rp -52.193.367.877 dan HIPPA adalah Rp 854.142.112.

LAMPIRAN

Gambar 5. *Interface* Model Pemberdayaan Sumur Pompa Dalam

DAFTAR PUSTAKA

- [1] BPS, "Pekerjaan penduduk Indonesia Berusia diatas 15 tahun," 31 Desember 2014. [Online]. Available: <http://www.bps.go.id/Subjek/view/id/6#subjekViewTab3|accordion-daftar-subjek1>.
- [2] Pemkab Madiun, "Kondisi Geografis Daerah," 24 Februari 2016. [Online]. Available: http://madiunkab.go.id/isi_atas.php?3748a2b4b76d43075a45d32d1a484740.
- [3] S. Sidharta, *Irigasi dan Bangunan Air*, Jakarta: Gunadarma, 1997.
- [4] Q. Ihsanudin, Interviewee, *Penggunaan Sumur Pompa Dalam untuk Proses Irigasi Pertanian*. [Wawancara]. 17 March 2016.
- [5] Soetrisno, S. Anik dan Rijanto, *Pengantar Ilmu Pertanian*, Malang: Bayu Media Publishing, 2006.
- [6] K. Suratiyah, *Ilmu Usaha Tani*, Depok: Penebar Swadaya, 2009.
- [7] Sugito, Interviewee, *Penggunaan Sumur Pompa Dalam untuk Proses Irigasi Pertanian*. [Wawancara]. 17 March 2016.
- [8] H. G. Deallenbach dan D. C. McNickle, "Management Science Decision Making Through Systems Thinking," PALGRAVE MACMILLAN, New York, 2005.
- [9] J. D. Stearman, *Business Dynamic : System Thinking and Modeling for a Complex World*, United State of Amarica: McGraw-Hill Companies, 2000.
- [10] E. Aminullah, *Analisis Sistem Dinamis*, Jakarta: UMJ Press, 2001.
- [11] D. I. Maftuhah, "Analisis Kebijakan Budidaya Mangrove Berbasis Komunitas di Kawasan Terdampak Lumpur Sidoarjo dengan Memanfaatkan Konsep Green Economy," Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, 2013.
- [12] R. W. Hilton dan D. E. Platt, *Managerial Accounting : Creating Value in a Dynamic Business Environment*, New York: McGraw-Hill Education, 2014.
- [13] Mulyadi, *Akuntansi Biaya*, Yogyakarta: Aditya Media, 2007.
- [14] S. P. Dewi dan S. B. Kristanto, *Akuntansi Biaya*, Jakarta: In Media, 2013.
- [15] T. L. Turocy dan B. v. Stengel, "Game Theory," CDAM Research Report, 2001.
- [16] N. Hidayati, "Aplikasi Teori Fuzzy dalam Stretegi Pemasaran," Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, 2009.
- [17] P. K. Dutta, *Strategies and Games*, Cambride: The MIT Press, 1999.
- [18] F. T. Yuan dan S. L. Chan, "System Dynamic Modelling in CRM : Window Fashions Gallery," *International Journal of Engineering Business Management*, pp. 77-84, 2010.
- [19] F. H. Tarida, "Analisis Kebijakan Pengembangan Ekowisata Berbasis Sektor Pertanian dan Dampaknya terhadap Pendapatan Asli Daerah (PAD) dan Produk Domestik Regional Bruto (PDRB) di Kabupaten Malang (Pendekatan Sistem Dinamik)," Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, 2015.