

Desain dan Analisa Kinematik Enam Batang Penghubung Untuk Mekanisme Penanam Padi

Marzuki^{1*}, Azwar², Ilyas Yusuf³

^{1,2,3} Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Lhokseumawe
Jln. B.Aceh Medan Km.280 Buketrata 24301 INDONESIA

¹marzuki@pnl.ac.id (penulis korespondensi)

Abstrak- Sistem pengelolaan sawah basah dan metode penanaman padi di Aceh masih dilakukan secara tradisional. Penanaman secara tradisional tidak memposisikan jarak tanam yang sama, baik secara baris maupun kolom, dan meninggalkan lubang jejak dan medan kerja yang sangat berat. Pemanfaatan inovasi teknologi mekanisasi yang harganya dapat terjangkau oleh petani diharapkan akan menjadi solusi bagi petani. Desain Mekanisme Enam Batang Penghubung dapat diaplikasikan pada mekanisme penanaman padi, mampu bekerja secara mekanik membentuk lokus penanaman yang tepat untuk langkah pengambilan bibit padi dari hopper dan menanamnya dengan jarak tanam yang seragam, mengurangi waktu tanam dan biaya operasional. Metode yang digunakan pada penelitian ini dimulai dari tahapan Perumusan Konsep Desain dan Analisis Desain, perancangan Model Mekanisme, penggambaran CAD 2D ke 3D, Analisa Kinematik, Permodelan Komputer dan Simulasi gerakan untuk memastikan fungsional mekanisme. Penelitian ini bertujuan menemukan parameter desain yang optimal dan dimensi yang tepat dari mekanisme enam batang penghubung dengan permodelan komputasi menggunakan *software*, sehingga dapat dipastikan prototipe mekanisme penanam padi ini dapat berfungsi. Penelitian telah menghasilkan prototipe mekanisme enam batang penghubung untuk mekanisme penanam padi dengan dua kolom penanaman dengan jarak tanam 30 x 30 cm dan kedalaman tanam sampai 15 cm. Percepatan link 1 mencapai 6638 mm/det² pada gerakan menuju hopper dan gerakan turunnya hingga -3562 mm/det². Pergerakan Batang pengambil bibit/Link 1 mencapai 358 mm dan jangkauan terendahnya pada -124 mm. Laju kecepatan dari link 1 pada saat gerakan kosong adalah tinggi hingga mencapai 820 mm/det.

Kata Kunci- Mekanisme Enam Batang Penghubung, Permodelan komputasi, Simulasi Model, Analisa Kinematik, Motion analysis.

Abstract- The management systems of wet paddy farming and rice cultivation methods in Aceh are still traditionally. Traditional methods of cultivation do not position the same spacing, either in rows or columns, and leaves trailing holes and very heavy work areas. The use of mechanization technology innovations that are affordable by farmers is expected to be a solution for farmers. The design of the six linkages bars Mechanism can be applied to the rice planting mechanism, able to work mechanically to draw the right planting locus for the step of taking rice seeds from the hopper and planting them with uniform spacing. It will reduce planting time and operational costs. The method used in this study starts from the stages of Design Concept Formulation and Design Analysis, Mechanism Model Design, 2D to 3D CAD drawing, Kinematic Analysis, Computer Modeling and Motion Simulation to ensure the functional mechanism. This study aims to find the optimal design parameters and the right dimensions of the six bar linkages mechanism with computational modeling using software, so that the prototype of the rice planter mechanism can function. Research has produced a prototype mechanism of six bar linkages for a rice planter mechanism with two planting columns with a spacing of 30 x 30 cm and a planting depth of up to 15 cm. The acceleration of link 1 reaches 6638 mm/s² on the movement towards the hopper and the downward movement up to -3562 mm/s². Movement of the Seedling Stem/Link 1 reaches 358 mm and its lowest reach is at -124 mm. The speed rate of link 1 during empty movement is high up to 820 mm/s.

Keywords- Six bar linkages Mechanism, Computational Modeling, Simulation Model, Kinematic Analysis, Motion analysis.

I. PENDAHULUAN

Provinsi Aceh merupakan provinsi tertinggi yang kesepuluh penghasil beras di Indonesia dengan sumbangsih mencapai 5 % dari produksi gabah padi nasional, dengan luas areal sawah di Aceh mencapai 397.391 hektar. Produktifitas rata-rata 4,648 ton perhektar yang kesemuanya masih dikerjakan secara tradisional yang meliputi, sistem penanaman, pembibitan dan teknologi pasca panen, terkecuali proses pengolahan tanah yang sudah mulai menggunakan traktor. Seharusnya produktifitas bisa ditingkatkan jika didukung oleh teknologi mekanisasi yang memadai.

Metode penanaman padi secara tradisional menghasilkan jarak tanam yang tidak seragam, membutuhkan tenaga kerja yang banyak, waktu yang lama dan biaya yang besar. Ketidakeragaman jarak tanam juga akan memberikan dampak terhadap kelambatan perkembangbiakan bibit, menyulitkan petani saat melakukan penyiangan, pemupukan dan penyemprotan. Fakta lain menunjukkan bahwa masa tanam tidak pernah terjadi secara serentak dikarenakan langkanya tenaga kerja dan medan kerja yang sangat berat

dimana pekerja harus terus berjongkok pada saat mengumpalkan bibit ketanah dan bergerak mundur di area yang berlumpur. Penggunaan mesin penanam padi (Rice Transplanter) akan memudahkan petani menanam padi karena dapat menghemat waktu, mempercepat proses penanaman bibit padi serta menyiasati kurangnya tenaga kerja dalam proses penanaman padi [1].

Lebih lanjut Marzuki.dkk (2014) menegaskan bahwa untuk lahan sawah basah sistem mekanisme yang cocok pada mesin penanam padi adalah mekanisme empat batang penghubung atau enam batang penghubung yang dapat berfungsi sebagai lengan penanam dan pengambil bibit dari hopper. Implementasi dari mekanisme ini sangat rumit, sehingga memerlukan kedalaman analisa kinematik untuk memastikan mekanisme ini dapat bekerja sesuai yang diinginkan [2], [3].

Mekanisme enam batang penghubung (six bar Linkages) merupakan suatu mekanisme yang sudah sangat kompleks. Walaupun secara faktual mekanisme enam batang penghubung juga terdiri dari mekanisme empat batang penghubung yang ditambah dua batang penghubung yang saling mengaitkan sebagai batang output.

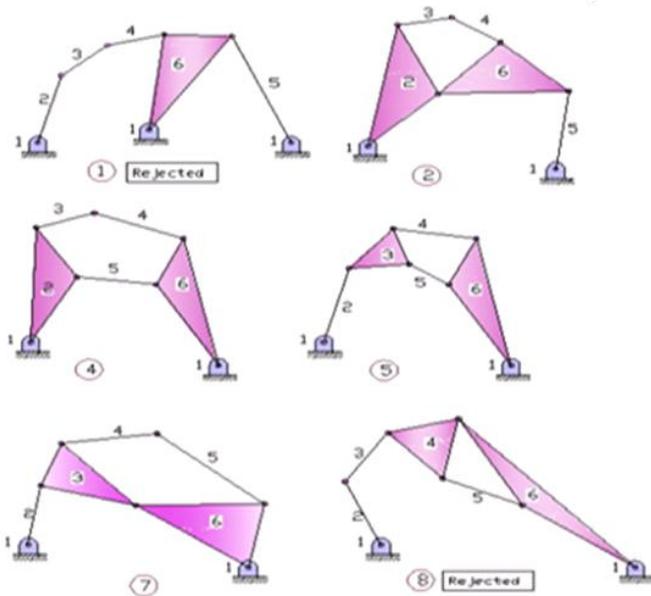
Mekanisme dari mesin penanam padi dapat menggunakan mekanisme lengan ayun ataupun mekanisme enam batang penghubung. Mekanisme penggerak lengan ayun merupakan suatu rantai kinematik yang dibatasi sebuah sistem dari batang-batang hubung yang digabungkan bersama atau dalam keadaan bersinggungan yang memungkinkan bergerak relatif terhadap batang lainnya. Keadaan ini memungkinkan batang penghubung yang lain bergerak sembarang keposisi lainnya sesuai yang diinginkan [4], [5], [6].

Penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan prototipe mekanisme penanam padi dari mekanisme enam batang penghubung yang dapat digunakan oleh petani melalui pentahapan :

1. Mendesain, memodelkan, merakit dan menganalisa mekanisme enam batang penghubung sehingga terbentuk lokus gerakan maju dan mundur yang sesuai dengan prinsip penanaman bibit padi.
2. Mendapatkan dimensi dari enam batang penghubung yang tepat, sehingga dapat berfungsi secara mekanik untuk mengambil bibit padi dari hoper dan menanamnya dengan jarak tanam yang sama baik secara baris maupun kolom.

1.1 Mekanisme Enam Batang Penghubung

Mekanisme enam batang penghubung (six bar Linkages) merupakan suatu mekanisme yang sudah sangat kompleks. Ketika mekanisme empat batang penghubung tidak dapat diaplikasikan, maka penggunaan mekanisme enam batang penghubung menjadi alternatif solusinya. Walaupun secara faktual mekanisme enam batang penghubung juga terdiri dari mekanisme empat batang penghubung yang ditambah dua batang penghubung yang saling mengaitkan sebagai batang output (Gambar 1).

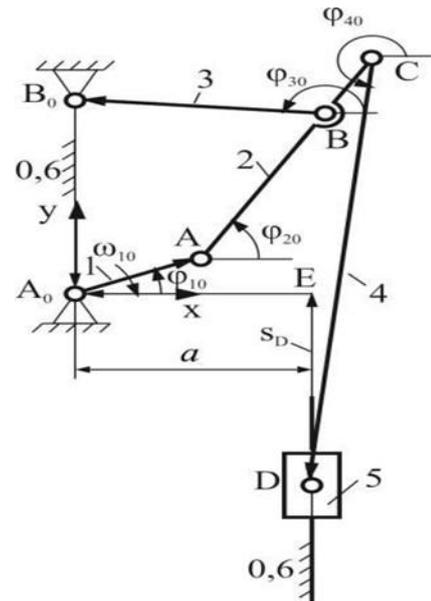


Gambar 1. Mekanisme enam batang penghubung dengan berbagai posisi derajat kebebasan

1.2 Kinematika Mekanisme Enam Batang Penghubung

Model kinematik secara umum dapat dari mekanisme enam batang penghubung dapat diilustrasikan sebagaimana terlihat pada gambar 2. Sebenarnya mekanisme ini tersusun dari mekanisme empat batang penghubung yang ditambahkan batang pendorong yang dapat bergerak maju

mundur (slider) yang terhubung dengan sumber putaran .



Gambar 2. Model kinematik mekanisme 6 Batang Penghubung

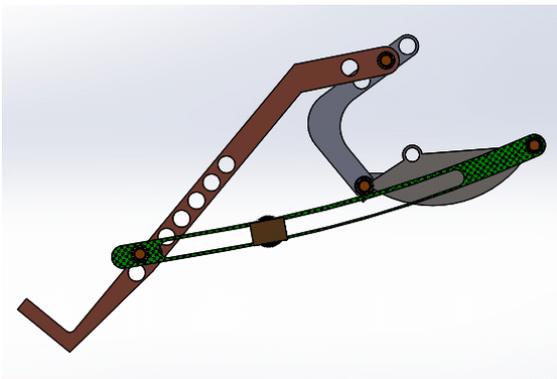
Mekanisme enam batang penghubung yang tersusun dari empat batang penghubung A0-AB-B0 terhubung dengan slider melalui sambungan diantara penggabungan dua bagian batang CD. Secara struktural, mekanisme ini meliputi terdiri dari Frame 0, Link 1 input dan Link 2 & 3 (RRR) yang terhubung dengan Link 4 & 5 (RRP) melalui revolute Joint C, dimana R menunjukkan pasangan revolute dan P adalah pasangan prismatik [7].

Sambungan A0, B0 adalah tetap dan Link 1 berputar dengan kecepatan sudut konstan yang diketahui ω_{10} . Panjang link $L_0=A_0B_0$, $L_1=A_0A$, $L_2=AB$, $L_3=B_0B$, $L_4=CD$ dan jarak α diketahui/ditentukan.

II. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Perumusan Konsep Desain dan Analisis Desain

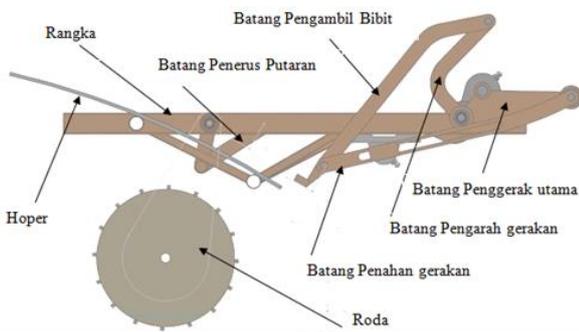
Analisis dari hasil survey dan data pengukuran jarak tanam rata-rata penanaman bibit padi secara baris dan kolom adalah 20-30 x 20-30 cm, kedalaman penancapan bibit ketanah 10-15 cm dengan tinggi bibit padi rata-rata 20-30 cm dengan kiran umur 26-35 hari. Data ini dijadikan sebagai data desain jarak tanam secara baris dan kolom begitu juga untuk kedalaman penanaman. Konsep desain sepenuhnya mengacu pada konsep desain fungsional maupun struktural serta pemilihan konsep terbaik untuk di lanjutkan ke tahap pembuatan desain dan penggambaran dengan software CAD. Permodelan dan simulasi komputasi awal dilakukan untuk melihat dan mengamati gerakan mekanisme dan fungsionalnya (Gambar 3).



Gambar 3. Desain Mekanisme enam batang penghubung untuk mekanisme penanam padi

2.2 Rancangan Model Mekanisme

Model mekanisme yang direncanakan seperti yang terlihat pada gambar 4 yang terdiri dari ; batang pengambil bibit dari *hoper*, batang yang berhubungan dengan poros penggerak, batang penahan gerakan, batang penggerak utama, batang pengarah gerakan dan batang penerus putaran.



Gambar 4. Desain Model Mekanisme enam batang penghubung

2.2.1 Penyesuaian Gerakan Mekanisme

Untuk menggerakkan mekanisme dari Mekanisme enam batang penghubung dibutuhkan suatu mekanisme lain yaitu perubahan gerakan dari rotasi penggerak 360° ke gerakan linear. Perubahan ini menggunakan mekanisme sliding, sehingga terjadi gerakan bolak balik. Gerakan linear bolak-balik ini selanjutnya diubah menjadi gerakan berputar 300°.

2.2.2 Desain parameter batang penghubung

Batang-batang penghubung pada mekanisme diidentifikasi sebagai L_1), Panjang batang engkol, L_2) Panjang batang penghubung (coupler), L_3) Panjang batang tetap, L_4) Panjang penambahan batang penghubung, L_5), 6) Perubahan sudut batang penghubung, ψ , 7) Sudut dari batang tetap horisontal, β .

2.3 Analisa Kinematik Mekanisme Enam batang penghubung

Untuk analisa kinematiknya menggunakan metode Newton-raphson yang dituliskan dengan matrik Jacobian.

Persamaan untuk analisis kinematik diselesaikan dengan mempertimbangkan sistem koordinat Cartesian dan titik awal A_0 . Mekanisme ini memiliki dua kontur tertutup yang tidak terikat yaitu $A_0ABB_0A_0$ dan A_0ACDEA_0 . Setiap panjang link

dan perpindahan slider (dari titik referensi E) diwakili oleh vektor planar yang sesuai. Persamaan vektor yang sesuai untuk setiap loop tertutup independen di atas adalah:

Untuk kontur tertutup $A_0ABB_0A_0$:

$$L_1 + L_2 + L_3 + L_0 = 0 \tag{1}$$

Dan untuk kontur tertutup A_0ACDEA_0 :

$$L_1 + L_2 + L_4 + S_D + \alpha = 0 \tag{2}$$

Persamaan Vektor (1) dan (2) diproyeksikan pada sistem referensi Cartesian, maka diperoleh:

$$L_1 \cos\varphi_{10} + L_2 \cos\varphi_{20} + L_3 \cos\varphi_{30} = 0 \tag{3}$$

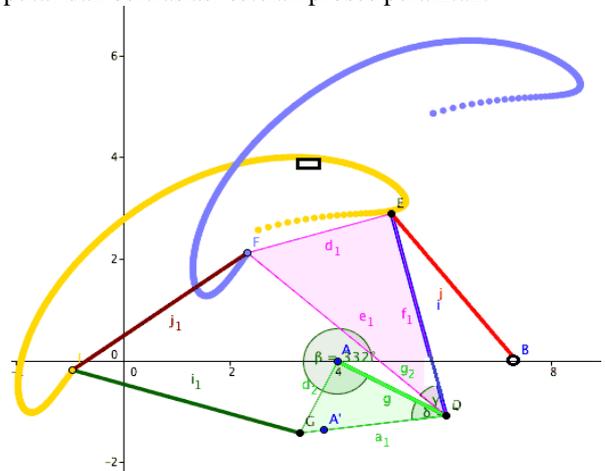
$$L_1 \sin\varphi_{10} + L_2 \sin\varphi_{20} + L_3 \sin\varphi_{30} - L_0 = 0 \tag{4}$$

$$L_1 \cos\varphi_{10} + L_{AC} \cos\varphi_{20} + L_4 \cos\varphi_{40} - \alpha = 0 \tag{5}$$

$$L_1 \sin\varphi_{10} + L_{AC} \sin\varphi_{10} + L_4 \sin\varphi_{10} + S_D = 0 \tag{6}$$

2.4 Komputer Permodelan dan Simulasi

Permodelan dengan software Solidworks haruslah melalui pengenalan dasar dari batang/Link, Link 2, Link 3, Link 4, Link 5 dan Link 6 seperti terlihat pada gambar 3. Panjang ke enam batang haruslah terdapat kesesuaian dimensi dan koneksinya, sehingga dapat memberikan efek gerakan yang mulus dan haruslah dipastikan bahwa Link harus dapat berputar dan bertraslasi setelah proses perakitan.

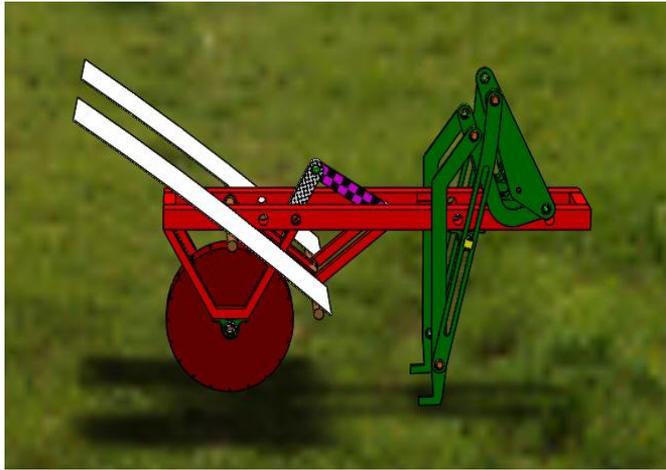


Gambar 3. Dasar Permodelan mekanisme 6 Batang Penghubung

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Prototipe Mekanisme Enam Batang Peghubung

Penelitian ini telah menghasilkan suatu desain produk dari mekanisme enam batang penghubung yang nantinya dapat digunakan sebagai mekanisme penanam padi khususnya pada lahan yang basah (sawah basah). Mekanisme enam batang penghubung ini digerakkan oleh mekanisme slider. Slider yang menghasilkan gerakan translasi maju mundur memutar engkol untuk menggerakkan poros utama mekanisme enam batang penghubung (Gambar 4). Mekanisme ini digerakkan pergerakan roda yang memutar engkol pada mekanisme slider. Mekanisme ini dapat melakukan penanaman dua kolom dengan jarak tanam 30 x 30 cm dengan kedalaman tanam sampai 15 cm



Gambar 4. Prototipe Mekanisme Enam Batang Penghubung

3.2 Kinematika Mekanisme Enam batang penghubung

Tabel 1 menunjukkan data hasil analisa kinematik untuk mekanisme enam batang penghubung. Tabel hanya memuat sebagian hasil dari analisa, dimana analisa hanya difokuskan pada batang pengambil bibit, disini asumsikan dengan batang 1 atau Link 1.

Desain prototipe ini telah uji berdasarkan prinsip dinamika dan kinematis dengan menggunakan software simulasi, dan hasilnya mekanisme dapat bergerak dengan mulus sebagaimana diharapkan. Pengujian prototipe dilakukan dengan menggunakan software Solidworks 2018, dan hasilnya sebagaimana terlihat pada tabel 2.

Tabel 1 Hasil Analisa Kinematik Mekanisme Enam batang penghubung untuk batang pengambil dan pengumpan

Time (sec)	Angular Displacement Link 1 (deg)	Linear Displacement Link 1 (mm)	Velocity Link 1 (mm/sec)
0	33.82587622	286101.5549	-92176.95692
0.04	33.99576555	285934.1966	204395.7976
0.08	13.2627554	329865.3764	935263.3347
0.12	3.075950507	288227.744	-2108329.334
0.16	-1.640631338	222886.6746	-984858.6708
0.2	-9.478316528	206831.7343	107038.266
0.24	-17.6243819	223759.6058	553876.9519
0.28	-17.40355413	223004.3027	-560745.5547
0.32	-9.295501877	206749.077	-84972.92726
0.36	-1.67787983	222665.6397	946336.1285
0.4	2.922617342	284431.8263	1998996.781
0.44	11.29686603	332665.1693	-481111.808
0.48	32.21222851	287999.0846	-435943.7322
0.52	34.64965478	285350.6713	59868.73887
0.56	31.67159365	288753.1659	71505.41206
0.6	31.59087143	288870.5902	-66687.56167
0.64	34.48028948	285492.4554	-65287.57695

3.3 Analisa Gerakan Mekanisme

Analisis gerakan dilakukan untuk memastikan jika komponen-komponen penyusun mekanisme dapat secara akurat mensimulasikan dan menganalisis dampak elemen gerak seperti gaya, perpindahan dan kecepatan. Analisis gerak menggunakan prinsip perhitungan kinematika dan dinamika secara komputasi dan memperhitungkan sifat material serta massa dan inersia. Pengaturan putaran melalui penyetelan motor listrik dengan gerakan berbasis waktu, dimana motor, gaya, dan gravitasi akan diterapkan setelah waktu tertentu.

Tabel 2 Hasil analisa gerakan (Motion Analysis) dengan menggunakan Software

Simulation Time	Step Size	Function Evaluation	Cumulative Steps Taken
0.00000E+0	1.00000E-4	0	0
9.60000E-1	7.50930E-2	109	36
1.44000E-1	1.00000E-2	224	85
1.92000E-1	1.00000E-2	333	133
2.40000E-1	1.00000E-2	444	181
2.88000E-1	1.00000E-2	565	229
3.36000E-1	1.00000E-2	665	277
3.84000E-1	1.00000E-2	793	325
4.32000E-1	1.00000E-2	896	373
4.80000E-1	1.00000E-2	1024	428
5.00000E-1	1.00000E-2	1070	448
End Simulation			
Finished ----			
Elapsed time = 41.38s, CPU time = 41.64s, 100.61			

Tabel 2 menginformasikan bahwa mekanisme dapat berfungsi dengan baik. Hal ini dapat terlihat dari tidak adanya delay waktu, dimana menandakan terjadinya *constraint* atau hubungan diantara komponen-komponen penyusun mekanisme tidak dapat bergerak sebagaimana yang diharapkan.

Analisa kinematik mekanisme difokuskan pada batang/link 1 (batang pengambil bibit) dimana perpindahan (*Linear displacement*) link 1, kecepatan (*Velocity*), percepatan (*acceleration*), sudut pergerakan/perpindahan (*angular displacement*), kecepatan sudut (*angular velocity*) dan percepatan sudut (*angular acceleration*) memberikan data dan informasi tentang karakteristik mekanisme enam batang untuk dapat melakukan gerakan sehingga pola gerakannya membentuk lokus/jejak (*trace*) penanaman dan pengambilan bibit dari hopper. Untuk semua permodelan menggunakan putaran konstan motor listrik 20 Rpm dengan target luarannya link 1. Angka percepatan link 1 mencapai 6638 mm/det² pada gerakan menuju hopper dan gerakan turunnya hingga -3562 mm/det². Hal ini dimungkinkan oleh posisi link Link 4 yang gerakannya diatur oleh mekanisme slider.

Pergerakan link 1 mencapai 358 mm dan jangkauan terendahnya pada -124 mm. Laju kecepatan dari link 1 pada saat gerakan kosong adalah tinggi hingga mencapai 820 mm/det. Ini merupakan langkah link 1 menuju hopper untuk pengambilan bibit. Semertara perlambatan terjadi ketika link 1 membawa bibit dan naik lagi pada langkah penanaman. Kecepatan sudut berbanding lurus dengan perpindahan link

(*linear displacement*). Untuk kecepatan sudut link satu dan percepatannya adalah konstan. Hal ini memang mutlak harus terjadi, jika kecepatan sudutnya berubah ubah maka mekanisme tidak dapat bekerja bahkan proses perakitan komponen pada suatu mekanisme akan didefinisikan gagal oleh software komputer simulasi.

Hasil yang diperoleh dari penelitiann ini memerlukan pendalaman kajian lebih lanjut untuk lebih banyak variasi model sehingga memudahkan upaya validasi. Penelusuran yang dilakukan belum diketemukan adanya jurnal yang memiliki susunan komponen dari model mekanisme enam batang penghubungnya sama, sehingga belum bisa dibandingkan hasilnya.

IV. KESIMPULAN

Konsep desain telah menghasilkan suatu rancangan model mekanisme dari mekanisme enam batang penghubung yang dapat diaplikasikan untuk mekanisme penanaman padi dimana setiap dimensi dan ukuran batang/link penghubung sudah verifikasi dengan pengujian simulasi.

Untuk penyesuaian gerakan mekanisme enam batang penghubung yang dapat diaplikasikan untuk mekanisme penanaman padi di lahan basah dibutuhkan mekanisme lain yaitu mekanisme slider. Desain mekanisme diperuntukkan untuk model penanaman dua kolom dengan jarak tanam 30 x 30 cm dengan kedalaman tanam sampai 15 cm.

Analisa kinematik telah menemukan parameter perpindahan, kecepatan, percepatan dan pengaruh terhadap gerakan mekanisme enam batang penghubung.

Anilasa gerakan (*motion analysis*) dari model rancangan diperoleh bahwa mekanisme dapat bergerak mulus dan tidak terjadi slip dikarenakan koneksi pada setiap sambungan telah benar.

Desain parameter untuk model mekanisme enam batang penghubung telah menghasilkan parameter yang optimal untuk kombinasi dimensi dan ukuran panjang setiap batang/Link dan telah dibuktikan dengan permodelan dan simulasi komputer.

REFERENSI

- [1] Lu Xiao-rong, dkk, 2010, Experimental Study on Working Performance of Rice Rope Direct Seeding Machine, Science Direct, Elsevier Ltd
- [2] Marzuki, Bahri, S dan Usman, 2014, *Permodelan Mekanisme Empat Batang Penghubung Pada Mesin Penanam Padi dengan Menggunakan Software Solidworks*, Jurnal Teknologi, Volume 14, ISSN 1412-1476.
- [3] Marzuki dan Sumadi, 2018, *Desain Dan Simulasi Lokus Penanam Padi Pada Mekanisme Empat Batang Penghubung dengan Menggunakan Software Solidworks*, Proceeding Seminar Nasional II Politeknik Negeri Lhokseumawe.
- [4] Marzuki, Syukran and Azwinur, 2019, *Design and Development of Four Link Bar Mechanism ForTransplanting Wet Rice Seedlings*, International Conference on Science and Innovated Engineering (I-

- COSINE), IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering, Vol.536, Tahun 2019, E-ISSN 1757-899X.
- [5] Thomas, E.V 2002, Development of Mechanism for Transplanting Rice Seedlings, Mechanism and Machine Theory, Elsevier Science Ltd.
- [6] Guo, L.S dan Zhang, W.J, 2001, *Kinematic Analysis of a Rice Transplanting Mechanism with eccentric Planetary gear Trains*, pergamon, Elsevier Science Ltd.
- [7] Marzs Mitsi, I Tsiafis and K D Bouzakis, 2017, Dynamic analysis of six-bar Mechanical Press for Deep Drawing, 13th International Conference on Tribology, ROTRIB'16, IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering, Vol.174, Tahun 2017, E-ISSN 1757-899X.