

PENGEMBANGAN TEKNOLOGI PEMBELAJARAN SISTEM MANUFAKTUR FLEKSIBEL DENGAN INTEGRASI PERANGKAT LUNAK SIMULASI

Ahmad Zubair Sultan¹⁾, Nur Hamzah²⁾

¹⁾ Dosen Prodi Teknik Manufaktur, Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang, Makassar

²⁾ Dosen Prodi Teknik Pembangkit Energi, Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang, Makassar

ABSTRACT

In the higher education curriculum (KPT), flexible manufacturing system (FMS) is the name of a specialized course in manufacturing engineering study program. With the code 443P1761212 this course is presented in 6th semester with 2 credits. This course is ideally the subject of theory and practice but due to the not availability of the FMS machine in the Mechanical Engineering Department, Politeknik Negeri Ujung Pandang (PNUP), this subject presented as theory course. Learning objectives of the FMS are students able to analyze the needs of the manufacturing industry to improve productivity and able to design the implementation of FMS, from product design, process design, process automation, flexible manufacturing, cellular manufacturing, reconfigurable manufacturing, lean manufacturing, computer integrated manufacturing and sustainable manufacturing. Regarding to the not availability of the FMS, learning objectives and learning outcomes that have been set on the KPT curriculum will not be achieved entirely. The development of FMS learning technology with the integration of simulation software is intended to replace some of the FMS device functions virtually. With the development of current manufacturing simulation software, it is possible to create FMS modelling and simulation with graphical displays that are sufficiently compact and good enough to provide simulations of all engines, conveyors, vehicles, robotic arms and their interactions as in actual FMS device.

The output of this research will be the availability of a set of learning technology with the integration of simulation software. This learning technology consists of FMS modelling and simulation software, manuals of simulation software and some teaching material modules in the form of problem solving of flexible manufacturing systems

Keywords: *Flexible Manufacturing System; Modelling and simulation, Learning Technology*

1. PENDAHULUAN

Teknologi manufaktur berkembang sangat cepat yang dipacu oleh kompetisi dalam memenuhi keinginan pasar pengguna produk manufaktur yang semakin beragamnya jenisnya, demi meraup keuntungan untuk kelangsungan suatu usaha. Perkembangan ini sangat didukung dengan berkembang pesatnya alat kontrol (komputer), alat transportasi (robot), alat bantu rancang bangun (CAD/CAM), sehingga terbentuk sistem manufaktur yang fleksibel. Flexible Manufacturing Systems (FMS) adalah sistem manufaktur yang mengedepankan fleksibilitas yang tinggi dengan tetap meminimalkan biaya untuk mampu dengan cepat memenuhi beragamnya keinginan pasar dengan umur siklus produk yang semakin cepat dan jumlah produk yang semakin sedikit. Dalam merespon kemajuan teknologi manufaktur tersebut, Politeknik, sebagai salah satu penyelenggara pendidikan vokasi yang menerapkan keseimbangan antara teori dan praktek, memiliki perangkat sistem manufaktur fleksibel. Oleh karena adanya kerusakan pada salah satu bagian perangkat FMS ini, maka praktis mahasiswa teknik mesin tidak pernah lagi menggunakan alat ini. Hal ini menyebabkan mesin-mesin dalam FMS tidak memberikan dampak yang berarti bagi mahasiswa selain hanya sebagai pajangan saja.

Pada kurikulum berkualifikasi KKNI, sistem manufaktur fleksibel kebetulan juga merupakan nama matakuliah khusus pada program studi D4 Teknik Manufaktur. Dengan kode 443P1761212 matakuliah ini disajikan pada semester 6 dengan 2 SKS. Matakuliah ini idealnya adalah matakuliah teori dan praktek namun karena tidak berfungsinya alat FMS di Jurusan Mesin PNUP, pada rancangan kurikulum mata kuliah ini di jadikan matakuliah teori saja. Tujuan pembelajaran (*learning objectives*) matakuliah sistem manufaktur fleksibel adalah mahasiswa mampu menganalisis kebutuhan industri manufaktur untuk meningkatkan produktivitas dan mampu membuat rancangan implementasi sistem manufaktur fleksibel, dari perancangan produk, perancangan proses, otomasi proses, *flexible manufacturing, cellular manufacturing, reconfigurable manufacturing, lean manufacturing, computer integrated manufacturing* dan *sustainable manufacturing*. Dengan tidak berfungsinya FMS tersebut, sedikit banyaknya tujuan pembelajaran dan capaian pembelajaran yang telah ditetapkan pada kurikulum KKNI tidak akan terealisasi seluruhnya.

¹ Korespondensi penulis: Ahmad Zubair Sultan, Telp 085343733650, ahmadzubairsultan@poliupg.ac.id

Cara kerja FMS secara sederhana dapat dijelaskan sebagai berikut: benda kerja yang akan di mesin diletakkan dalam system palet pada konveyor. Benda kerja mempunyai atribut tipe benda kerja, dan konveyor mempunyai kapasitas membawa benda kerja. Jika dalam proses pencarian order yang dilakukan oleh Host Computer ditemukan suatu order yang akan dikerjakan maka computer akan mencari tipe benda kerja yang akan di mesin dan memerintahkan robot untuk mengambil benda kerja tersebut selanjutnya robot melalui slide robot bergerak ke mesin dan memasukkannya ke mesin untuk dilakukan proses pemesinan. Robot menunggu sampai proses pemesinan selesai. Jika proses pemesinan selesai, benda kerja diberikan atribut baru, robot mengambil benda kerja dan membawa dan kembali ke sistem palet pada konveyor. Demikian proses dilakukan berulang-ulang, yang juga memberikan kemungkinan hasil pemesinan benda kerja pada mesin bubut dilakukan proses pemesinan lanjut pada mesin miling dan sebaliknya

Pengembangan teknologi pembelajaran sistem manufaktur fleksibel (FMS) dengan integrasi perangkat lunak simulasi dimaksudkan untuk menggantikan sebagian fungsi alat FMS di Jurusan Mesin PNUP yang sudah lama rusak atau dengan kata lain dapat berfungsi sebagai virtual laboratorium. Dengan berkembangnya software simulasi manufaktur yang ada saat ini, memungkinkan untuk dibuat Pemodelan dan Simulasi FMS dengan tampilan grafis yang cukup memadai dan cukup baik untuk memberikan simulasi dari semua mesin, conveyor, vehicle, lengan robot dan interaksinya sebagaimana dalam alat FMS sesungguhnya. Selain itu proses simulasi dari pemodelan yang sudah dibuat dapat dijalankan di PC/laptop sehingga diharapkan setiap mahasiswa dapat belajar mandiri secara interaktif, sehingga mampu mengenali komponen FMS serta fungsi dan interaksinya sesuai capaian pembelajaran yang telah ditetapkan.

Penelitian ini dimaksudkan sebagai metode alternatif atau metode tambahan terhadap teknologi pembelajaran yang sudah ada dan berkembang di dunia akademik global. Dalam perbandingan dengan metode tradisional, metode yang diusulkan dalam pengajaran sistem manufaktur fleksibel mempunyai beberapa keunggulan seperti kegiatan pembelajaran dapat berlangsung lebih hidup (interaktif), lebih menarik dan merangsang keingintahuan mahasiswa dengan sumber daya yang lebih murah (model yang dapat disimulasikan). Metode pembelajaran yang dikembangkan juga akan dapat membantu pelajar meningkatkan kemampuan praktis mereka. Dengan demikian pengembangan teknologi pembelajaran sistem manufaktur fleksibel (FMS) dengan integrasi perangkat lunak simulasi dapat digunakan untuk melengkapi metode pembelajaran konvensional (metode ceramah) yang digunakan selama ini. Dengan model pembelajaran ini diharapkan : Mahasiswa dapat mengenal metode pemodelan dan simulasi yang memang sudah digunakan sebagai alat bantu optimasi sistem produksi di industry, dapat meningkatkan minat, motivasi dan kegairahan belajar karena model dan simulasi ini bersifat interaktif sehingga akan menantang mahasiswa untuk mengambil keputusan sendiri dan mahasiswa dapat berperan aktif dalam kelas, serta interaksi dosen-mahasiswa dapat lebih baik.

Teknologi pembelajaran diartikan sebagai pengembangan (riset, desain, produksi, evaluasi, dukungan-pasokan, pemanfaatan) komponen sistem pembelajaran (pesan, orang, bahan, peralatan, teknik dan latar) serta pengelolaan usaha pengembangan (organisasi dan personal) secara sistematis, dengan tujuan untuk memecahkan masalah belajar. Pengembangan berkaitan dengan pengembangan potensi manusia juga diartikan pula sebagai pengembangan dari Teknologi Pembelajaran itu sendiri, yang mencakup: perancangan, produksi, penggunaan dan penilaian teknologi untuk pembelajaran (De Potter, 2000)

Penggunaan pemodelan dan simulasi sebagai alat bantu pengajaran sebenarnya bukan hal baru. Liu dan Jou (2008) menerapkan sistem pembelajaran interaktif berbasis web untuk membantu pendidikan teknologi pemesinan. Metode ini membuktikan bahwa metode pengajaran tradisional (metode ceramah) tidak dapat memenuhi tujuan pembelajaran dari matakuliah proses pemesinan non konvensional (computerized machines). Sultan (2009) juga telah menerapkan model simulasi pabrik sebagai alat bantu pengajaran matakuliah manajemen produksi production Management. Melalui pemodelan dan simulasi tersebut, pabrik virtual (Sultan, 2007) yang dimodelkan sesuai pabrik sebenarnya lengkap dengan segala aktivitasnya dapat dihadirkan di dalam ruang kelas. Berdasar pada data sebenarnya, pabrik virtual dapat digunakan dalam menganalisa kinerja keseluruhan pabrik untuk menentukan stasiun kerja yang bisa di perbaiki untuk pengurangan biaya, pengurangan waktu pemrosesan, peningkatan kualitas, pengaturan lay out pabrik atau penggunaan kembali bahan baku secara optimal. Beberapa metode/teknologi pembelajaran lain umumnya mempunyai nama yang berbeda namun pada prinsipnya adalah bagaimana meningkatkan minat dan melibatkan pelajar dalam aktivitas pembelajaran sebanyak mungkin. Antara lain dikembangkan pembelajaran berbasis proyek (Yalcin, dkk., 2009), pembelajaran berbasis bukti (Means, et al., 2010), lingkungan virtual (Richard. et al., 2014), learning cycle, problem posing, and brainstorming (Annette dan Dianne, 1998), diskusi online and autonomous learning (Li, 2014), Strategi pengajaran satu dan dua arah (Rustam, et al. 2014).

Penelitian terbaru adalah penerapan metode pencapaian konsep berbasis simulasi untuk meningkatkan minat belajar matakuliah mekanika teknik (Sultan 2018) dimana partisipasi pelajar dalam penyelesaian tugas individu meningkat secara rata-rata dari 76% menjadi 89%. Usulan penelitian ini dimaksudkan untuk menggabungkan beberapa teknologi pembelajaran yang sudah ada sebelumnya menjadi satu teknologi pembelajaran terintegrasi.

2. METODE PENELITIAN

Untuk pengembangan teknologi pembelajaran ini beberapa faktor penting yang mempengaruhi keberhasilannya antara lain tersedianya materi perkuliahan dalam bentuk softcopy dan hardcopy (buku ajar) serta metode evaluasi seperti tugas mata kuliah dan ujian tengah serta akhir semester. Melalui pemodelan dan simulasi, metode pembelajaran yang diterapkan dapat divariasikan dengan menggunakan metode ceramah, diskusi dan pemecahan kasus baik individu maupun berkelompok. Pemilihan metode pembelajaran ini dapat disesuaikan dengan capaian pembelajaran (CP) yang diinginkan pada setiap pokok bahasan sesuai Rencana Pembelajaran Semester (RPS) yang sudah ada.

Penelitian ini akan dilaksanakan di laboratorium komputer PNUP untuk pembuatan simulasi, ruang kelas atau laboratorium computer Jurusan untuk implementasi program. Pembuatan simulasi akan dilaksanakan selama 4 bulan dan implementasi di kelas selama 4 bulan (1 semester). Secara sederhana metoda pengembangan teknologi pembelajaran yang ditawarkan dalam proposal ini adalah:


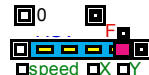
- a. Identifikasi komponen dan interaksi sistem manufaktur fleksibel yang sebenarnya. Termasuk penelusuran referensi melalui internet terkait sistem manufaktur fleksibel yang ada di berbagai industri; Secara umum komponen-komponen FMS terdiri atas bagian utama yaitu Mesin CNC yang terautomasi, satu grup mesin penanganan material (material handling system), Robot dan satu set computer sentral (termasuk alat-alat elektronik, alat pengukuran dan sensor). Identifikasi Parameter pemrosesan FMS juga ditentukan pada tahapan ini, seperti AGV (Automated Guided Vehicle), waktu pemesinan Mesin Bubut CNC dan Milling CNC, Konveyor, Kapasitas Buffer (Storage) dan Jam Kerja (operasi).
- b. Memodelkan komponen-komponen yang ada di sistem manufaktur fleksibel sesuai dengan fungsi dan aktivitas yang terlibat. Pemodelan ini bisa dibuat untuk setiap komponen (mesin) atau dalam bentuk grup komponen (kelompok mesin). Dalam tahapan ini termasuk menguji fungsi dari setiap komponen secara terpisah atau kelompok. Konfigurasi Perangkat Keras Laboratorium FMS di Politeknik, maka dapat disusun padanan blok modelnya seperti ditunjukkan pada tabel di bawah:
- c. Menggabungkan model (baik individu maupun kelompok) kedalam model utuh sistem manufaktur fleksibel, termasuk menguji aliran item (produk) ataupun aliran informasi (data) dari sistem manufaktur fleksibel melalui simulasi.
- d. Memvalidasi model yang telah dibuat dengan membandingkan hasil (output) model simulasi dengan metode analisa statistik data.
- e. Menerapkan model simulasi didalam kelas sesuai pokok bahasan yang diatur dalam RPS. Model simulasi dapat dijalankan secara parsial atau terintegrasi tergantung materi bahasan yang bersesuaian. Penerapan juga bisa dalam bentuk contoh kasus yang harus diselesaikan (disimulasikan) sendiri oleh mahasiswa atau kelompok mahasiswa.
- f. Mengevaluasi proses pembelajaran dengan beberapa kegiatan seperti Pratest, yang diadakan pada awal pertemuan, untuk mengekspektasi kemampuan dasar mahasiswa, Pemberian Tugas, Mid Test dan final Test

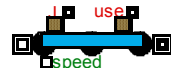
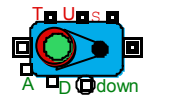
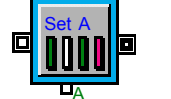
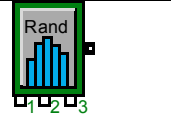
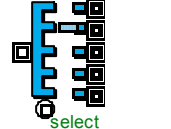
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Identifikasi komponen dan interaksinya

Perbandingan hardware sebenarnya dari FMS dengan blok model simulasi di berikan pada Tabel 1:

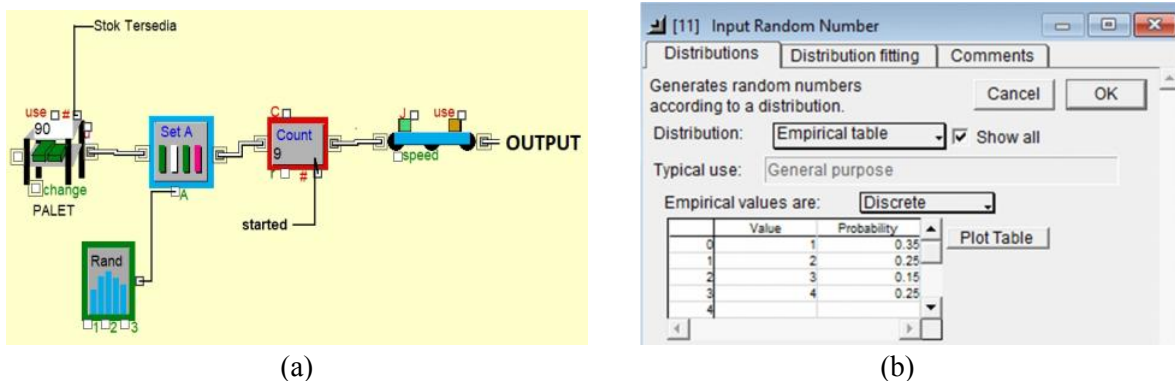
Tabel 1. Padanan Blok Lab. FMS dengan Blok Model FMS

| No | Blok Lab. FMS | Blok Model Extend V6 |
|----|---|--|
| 1 | Robot , untuk mengambil dan meletakkan benda kerja ke dan dari mesin bubut CNC atau Milling CNC |  Automated Guided Vehicle |
| 2 | Robot Slide, untuk membawa robot ke dan dari mesin Bubut CNC atau Milling CNC |  Route operation |

| | | | |
|----|---|---|-------------------------|
| 3 | Konveyor Sistem palet, untuk membawa menda kerja dari store room |  | Conveyor Belt Operation |
| 4 | Mesin Bubut CNC atau Mesin Milling CNC, untuk pemesinan benda kerja dengan waktu pemesinan tertentu |  | Machine Operation |
| 5. | Host Computer untuk mencari order (memberikan order) |  | Set attribute block |
| | |  | Input random number |
| 6. | Host Computer untuk memilah benda kerja yang dibutuhkan dari order yang ditemukan |  | Select DE Input (5) |
| 7. | Fungsi-fungsi lain | Sesuai kebutuhan | |

3.2. Pemodelan komponen yang ada dalam FMS sesuai fungsi dan aktivitas yang terlibat

Bahan baku yang akan di kerjakan diletakkan dalam system palet untuk kemudian diletakkan di konveyor (Gambar 1a). Benda kerja kemudian di beri atribut tertentu sesuai tipe benda kerja. Terdapat 4 jenis atribut dengan persentase yang berbeda sesuai dengan proses pemesinan yang diperlukan pada benda kerja yang bersesuaian. Jenis benda kerja diperlihatkan pada Gambar 1b dan Tabel 2.

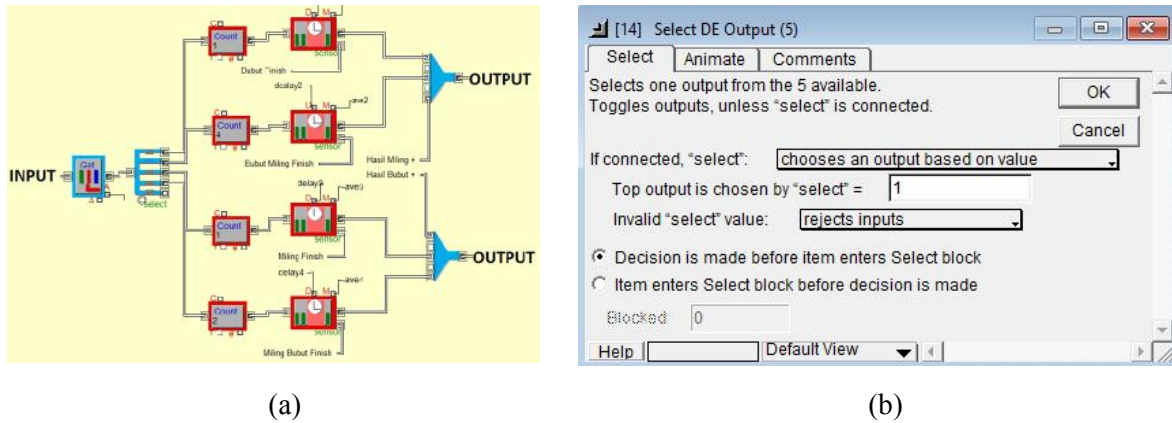


Gambar 1. Pemodelan sistem pengumpanan bahan baku (a) dan penyetelan atribut untuk pemrosesan selanjutnya (b).

Table 2. Tipe and jumlah bendakerja

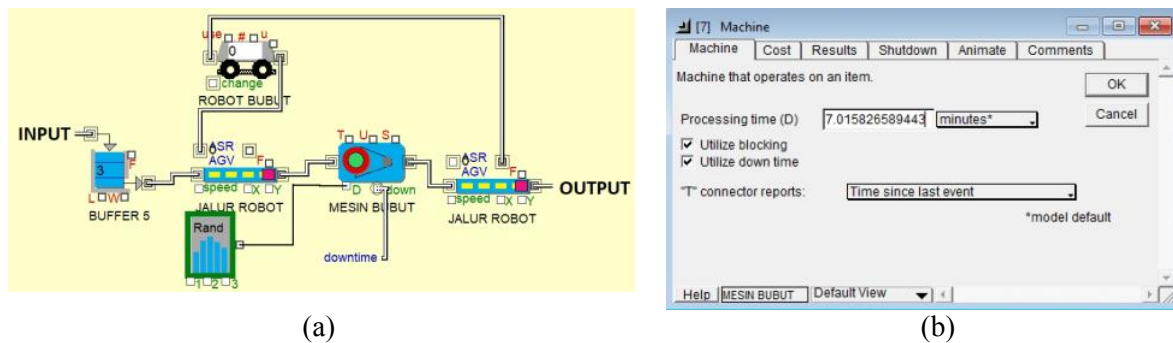
| No | Workpiece | Pemesinan | Proporsi bendakerja dari total bendakerja |
|----|-----------|-------------------|---|
| 1 | Tipe 1 | Bubut saja | 0.35 |
| 2 | Tipe 2 | Bubut dan Milling | 0.25 |
| 3 | Tipe 3 | Milingsaja | 0.15 |
| 4 | Tipe 4 | Miling dan bubut | 0.25 |

Nilai atribut benda kerja kemudian dibaca (Gambar 2a) dan didistribusikan ke mesin yang sesuai (Gambar 2b) oleh *Host Computer*.



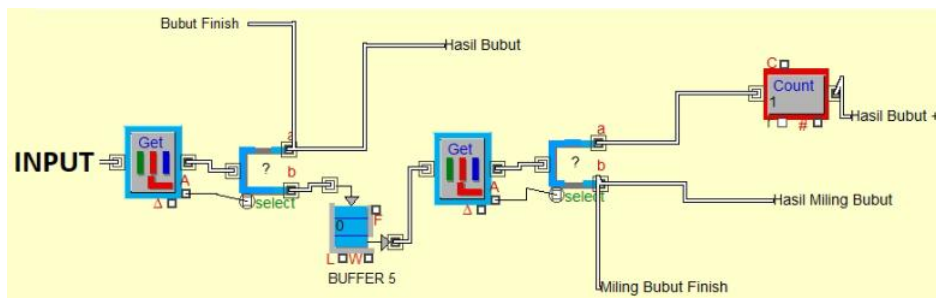
Gambar 2. Pembacaan atribut bendakerja (a) dan pemindahan bendakerja ke mesin bubut atau milling berdasarkan atribut bendakerja (b)

Komputer kemudian akan memerintahkan robot untuk mengambil benda kerja melalui alur robot dan kemudian memindahkan dan meletakkan ke mesin tertentu (Gambar 3a) untuk proses pemesinan selanjutnya (Gambar 3b).



Gambar 3. Pemodelan robot, konveyor dan mesin bubut/milling berdasarkan atribut bendakerja (a) dan waktu pemrosesan secara random (b).

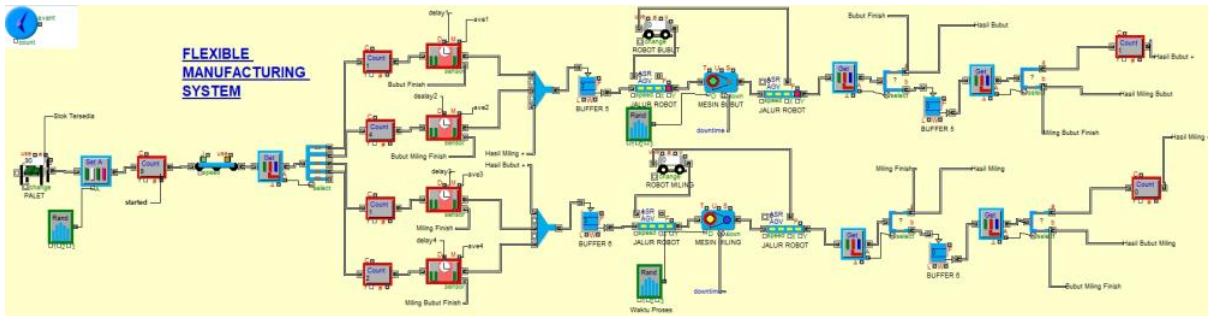
Robot menunggu sampai proses pemesinan selesai dan kemudian mengambil benda kerja dan membawanya kembali ke sistem palet pada konveyor (Gambar 4). Kemudian proses akan berjalan kembali, sesuai atribut benda kerja sehingga memungkinkan pemesinan berlangsung pada mesin dengan urutan yang berbeda baik pemesinan tunggal atau kombinasi bubut dan milling atau sebaliknya.



Gambar 4. Pencarian atribut bendakerja dari mesin dan pemindahan ke mesin berikutnya atau penyimpanan melalui blok penghitung.

3.3. Menggabungkan model (individu atau kelompok) ke dalam model lengkap dari FMS.

Model dari komponen kemudian digabungkan menjadi model FMS lengkap dan kemudian disimulasikan untuk melihat aliran item (produk) serta aliran informasi (data). Model lengkap diberikan pada Gambar 5.



Gambar 5. Model lengkap dari peralatan FMS.

3.4. Validasi model simulasi dengan membandingkan output model simulasi dengan analisa data secara statistik.

Hasil simulasi dari total 20 unit benda kerja dengan 4 replikasi diberikan pada Table 3. Untuk menentukan apakah ada perbedaan antara 4 run simulasi dan 4 tipe atribut benda kerja yang terdistribusi secara acak, analisa statistik dibuat dengan menggunakan ANOVA 2 faktor tanpa replikasi. Hasil uji hipotesa dengan ANOVA diberikan pada Tabel 4.

Tabel 3. Distribusi dari total 20 buah bendakerja

| No | Workpiece | Machining process conducted | Simulation Run | | | |
|----|-----------|-----------------------------|----------------|----|-----|----|
| | | | I | II | III | IV |
| 1 | Tipe 1 | Bubut saja | 5 | 7 | 10 | 8 |
| 2 | Tipe 2 | Bubut dan Milling | 6 | 7 | 6 | 6 |
| 3 | Tipe 3 | Milingsaja | 4 | 1 | 3 | 1 |
| 4 | Tipe 4 | Miling dan bubut | 5 | 5 | 1 | 5 |

Tabel 4. Hasil ANOVA Two Factor ANOVA

| Source of Variation | SS | df | MS | F | P-value | F crit |
|---------------------|------|----|--------|-------|---------|--------|
| Workpiece types | 65.5 | 3 | 21.833 | 6.046 | 0.015 | 3.862 |
| Wpc Distribution | 0 | 3 | 0 | 0 | 1 | 3.862 |
| Error | 32.5 | 9 | 3.611 | | | |
| Total | 98 | 15 | | | | |

Dari table 4 terlihat bahwa berdasarkan tipe bendakerja, karena nilai $F (6.046) > F_{kritis} (3.862)$ berarti hipotesis H_0 tidak dapat diterima. Sehingga dapat disimpulkan bahwa tipe bendakerja untuk run simulasi yang berbeda adalah bervariasi secara statistik. Hal ini juga berarti bahwa persentase bendakerja telah valid.

Untuk distribusi bendakerja, karena $F (0) < F_{kritis} (3.862)$, berarti hipotesis H_0 dapat diterima dan disimpulkan bahwa run simulasi yang berbeda tidak mempengaruhi jumlah bendakerja yang didistribusikan yang juga berarti bahwa model simulasi sudah valid dan memberikan keluaran yang konsisten.

3.5. Evaluasi proses pembelajaran dengan kuesioner.

Hasil pembelajaran disarikan dalam Tabel 5. Dari Tabel 5 terlihat bahwa nomor yang dipilih responden untuk strategi pembelajaran adalah nomor 8. Ini menunjukkan bahwa teknologi pembelajaran yang diterapkan sudah memuaskan pelajar. Terpilihnya nomor 6 relatif rendah, namun untuk elemen interaksi dosen-mahasiswa masih menunjukkan perlunya peningkatan intensitas interaksi untuk hasil yang lebih baik.

Tabel 5. Hasil eavaluasi proses pembelajaran

| Strategi pembelajaran | Number choosen by student (%)* | | | | |
|-----------------------|--------------------------------|---|---|---|----|
| | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| | | | | | |

| | | | | | |
|-------------------------------------|-------|-------|-------|-------|---|
| 1. How to deliver material | 18,18 | 27,28 | 40,91 | 13,64 | 0 |
| 2. Selection of Learning technology | 0 | 36,36 | 40,91 | 22,73 | 0 |
| 3. Use of Learning technology | 0 | 27,28 | 59,09 | 13,64 | 0 |
| 4. Allocation of Learning Time | 18,18 | 27,27 | 50,00 | 4,55 | 0 |
| 5. Explanation Given | 22,73 | 13,64 | 63,64 | 0 | 0 |
| 6. Interaction with Student | 36,36 | 22,73 | 36,36 | 4,55 | 0 |
| 7. Opportunity for student to ask Q | 18,18 | 18,18 | 40,91 | 22,73 | 0 |
| 8. Answer Given | 0 | 31,82 | 40,91 | 27,27 | 0 |

Note: * higher value means best circumstances.

4. KESIMPULAN

Dari hasil yang diperoleh dalam implementasi teknologi pembelajaran, dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

1. Terwujudnya peningkatan kelengkapan bahan ajar dalam bentuk ebook dan contoh kasus dalam bentuk model simulasi.
2. Model FMS yang dibangun sudah valid berdasarkan hasil uji hipotesa
3. Pada skala 10, mayoritas angka yang dipilih oleh mahasiswa untuk elemen teknologi pembelajaran adalah 8 yang mengindikasikan bahwa teknologi pembelajaran yang diterapkan memuaskan mahasiswa
4. Pemilihan angka 6 muncul untuk elemen interaksi dosen dengan mahasiswa dimana memang dimaksudkan agar model disimulasikan sendiri oleh mahasiswa. Bagaimanapun hal ini mengindikasikan perlunya perbaikan kedepannya.

5. DAFTAR PUSTAKA

- DePorter, Bobbi, et al., 2000. *Quantum Teaching*, Publisher KAIFA Bandung
- Liu, C.C and M. Jou, 2008. *An Interactive Web-based Learning System for Assisting Machining Technology Education*. International Journal of Online Engineering (iJOE) Vol 4, Issue 2 pp 43-47
- Sultan, Ahmad Zubair, 2009. *Pembuatan Model Simulasi Pabrik sebagai Alat Bantu Pengajaran Mata Kuliah Manajemen Produksi*. Laporan Hasil Penelitian Politeknik Negeri Ujung Pandang
- Sultan, Ahmad Zubair, 2007. *Pemodelan dan Simulasi untuk Peningkatan Kapasitas Produksi dan Utilisasi Mesin (Sebuah Studi Kasus)*. Prosiding Seminar Nasional Pascasarjana VII. ITS Surabaya pp 1-10
- Yalcin, S.A; U. Turgut; E. Buyukkasap, 2009. *The Effect of Project Based Learning on Science Undergraduates' Learning of Electricity, Attitude towards Physics and Scientific Process Skills*. International Online Journal of Educational Sciences, 2009, 1 (1), 81-105.
- Means B; Y. Toyama; R. Murphy; M. Bakia and K. Jones, 2010. *Evaluation of Evidence-Based Practices in Online Learning: A Meta-Analysis and Review of Online Learning Studies*. Office of Planning, Evaluation, and Policy Development, Policy and Program Studies Service. Center for Technology in Learning. U.S. Department of Education.
- Richard, E., Tijou, A., Richard, P., & Ferrier, J. L., 2006. *Multi-modal virtual environments for education with haptic and olfactory feedback*. Virtual Reality, 10(3-4), 207-225.
- Annette V and Dianne R., 1998. *Learning types: Carl Jung's theory and strategies for the classroom*. NABTE Rev, No. 25 pp 21-26
- Li Y., 2014. *Research of Autonomous Learning System of University Based on Virtualization Technology*. Applied Mechanics and Materials 651 653 pp 2494-97
- Rustam S, Wu Y H, Shih C Y, Stephen J H Y, Jing L W, Lin H and Guo L H., 2014. *Effects of Unidirectional vs. Reciprocal Teaching Strategies on Web-Based Computer Programming Learning*. Ournal Eduational Computing Research 50 1
- Sultan, Ahmad Zubair., et al., 2018. *Implementation of Simulation Based-Concept Attainment Method to Increase Interest Learning of Engineering*. Journal of Physics.: Conference Series 953. 012026 pp 1-10

6. UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada pimpinan PNUP yang telah mendukung terlaksananya penelitian ini melalui biaya DIPA Politeknik ngeri Ujung Pandang dengan kontrak No. 018/PL10.13/PL/2018 tanggal 2 April 2018.